



المحاضرات النظرية

مادة نبات 4

الطحالب والبيئة النباتية

لطلاب الفرقة الثانية تعليم عام
شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية

اعداد

أد/ حمدي رمضان

د/ صباح حماد

العام الدراسي 2023/2022

البيئة النباتية

الفرقة الثانية

شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية

العام الجامعي 2022/2023

الفصل الدراسي الثاني

المحتويات

| الصفحة | الموضوع |
|--------|--|
| 3 | علم البيئة |
| 5 | النظام البيئي |
| 9 | علم البيئة النباتية ، مفهومه ، مبادئه ، أقسامه |
| 10 | علاقة علم البيئة النباتية بالعلوم الأخرى |
| 13 | العوامل المناخية |
| 14 | أولاً - الضوء |
| 26 | ثانياً - درجة حرارة الهواء |
| 37 | ثالثاً - الرطوبة الجوية |
| 46 | رابعاً - الهطول |
| 53 | خامساً - الرياح |
| 62 | العوامل الترابية |
| 76 | العوامل الإحيائية |
| 94 | التعاقب النباتي ، مفهومه وأنواعه |
| 107 | المراجع : |

علم البيئة Ecology

مفهوم علم البيئة Ecology :

علم البيئة هو أحد فروع علم الحياة Biology الذي يعنى بدراسة العلاقات المتبادلة بين كافة أنواع الأحياء سواء كانت نباتية أم حيوانية، والوسط البيئي الذي يحيط بها. وقد اشتق مصطلح الأيكولوجي Ecology من أصل إغريقي مكون من مقطعين اثنين: الأول (Oikos) ومعناه البيت أو الموطن أو المسكن، أما المقطع الثاني (Logos) فيعني العلم أو الدراسة، والكلمة بشقيها تشير إلى العلم الذي يهتم بدراسة العلاقات القائمة ما بين مختلف الأحياء في أماكن معيشتها ضمن مواطنها الطبيعية وما يحيط بها من عوامل ومؤثرات خارجية مختلفة.

وقد عرف العالم الألماني ارنست هيجن علم البيئة عام 1864 بقوله: هو العلم الذي يدرس علاقة الكائنات الحية بالوسط الذي تعيش فيه .

ويعتبر علم البيئة أحد العلوم البيولوجية الحديثة النشأة، فهو لم يصبح علماً قائماً بذاته وله أساتذته ومبادئه ونظرياته إلا في بدايات القرن العشرين، حيث ساهمت علوم الحياة الأخرى في تطوير هذا العلم، الذي بدأ بممارسة مهامه الفعلية في دراسة البيئة وما تتضمنه من كائنات حية مختلفة.

علم البيئة يشتمل على كل من الفروع العلمية التخصصية التالية، وذلك تبعاً لطبيعة الأحياء التي يعنى بدراستها:

1. علم البيئة النباتية Plant Ecology .
2. علم البيئة الحيوانية Animal Ecology .
3. علم البيئة الإنسانية Humanities Ecology .
4. علم بيئة الكائنات الحية الدقيقة Ecology of Microbiology .

وفي كتابنا هذا سوف نقتصر في دراستنا على تناول علم البيئة النباتية كأحد أهم فروع علم البيئة الأم. من ناحية أخرى، كثيراً ما نصادف لبس واضح بين مفهومي

كلٍ من المصطلحين التاليين: Environment & Ecology مع أن هناك فارقاً كبيراً بينهما ، فالأول Ecology يختص بدراسة مكان معيشة (حياة) الكائنات الحية المختلفة وكيفية تفاعل هذه الكائنات مع العناصر البيئية المحيطة بها، أو بمعنى آخر هو مدي تأثير وتأثير الكائن الحي بالظروف المحيطة به.

بينما لفظ أو مصطلح Environment فإنه يرتبط بمفهوم كيفية السيطرة والحفاظ على البيئة (الوسط المحيط) من شتى أشكال التدهور والدمار، استناداً لتوفر جملة من المعلومات والحقائق المختلفة التي تساعد على ذلك، مثل كيفية حماية البيئة من الأنشطة البشرية المختلفة التي تلحق الضرر بها.

النظام البيئي Ecosystem

أولاً - مفهوم النظام البيئي :

النظام البيئي هو مصطلح يقصد به جميع الكائنات الحية التي تعيش في حيز مكاني معين داخل بيئة طبيعية لم يتدخل فيها أي عامل خارجي غير طبيعي. حيث ترتبط هذه الكائنات فيما بينها وبين بيئاتها المحيطة بها بعلاقات متبادلة ناجمة عن تفاعلها مع كل من الظروف البيئية المختلفة التي تحيط بها من جهة، ومع بعضها البعض من جهة أخرى، والذي ينتج عنه تأقلم هذه الأحياء وتكيفها مع تلك البيئة التي تعيش فيها بوجه عام.

وبالتالي، فإن النظام البيئي هو أي وحدة مساحة من سطح الكرة الأرضية (يابسة أو ماء) بما عليها من كائنات حية (نباتات، حيوانات، كائنات حية دقيقة،... وعلى رأسها الإنسان) وما يحيط بها من عناصر بيئية مختلفة (كالتربة والمناخ.... الخ)، بحيث يؤدي ذلك إلى حدوث تفاعل بين المكونات الحية، والمكونات غير الحية، ينتج عنه سريان طاقة الشمس إلى النباتات ومنها بدورها إلى الحيوانات، وكذلك دوران العناصر الغذائية في الطبيعة من التربة إلى النباتات فالحيوانات ثم عودتها مرة ثانية إلى التربة. وعلى ذلك يمكن النظر إلى الكرة الأرضية ككل أو إلى أي جزء منها (قارة، أو بلد... الخ) على أنه نظام بيئي. وقد يصغر النظام البيئي بحيث يمثل بحيرة صغيرة، أو كئبان رملي، أو بمستنقع ملحي محدد، بل ويمكن أن يتضائل إلى أبعد من ذلك ليصبح ممثلاً على هيئة مجموع جذري لأحد النباتات النامية في موقع ما وهكذا. والنظام البيئي يوجد في حالة ديناميكية (حركية) دائمة، ويتضح ذلك من خلال تغير أعداد وأنواع مختلف الكائنات الحية التي يمكن أن تصادفها داخل الوسط البيئي خلال فترات زمنية متباينة.

ثانياً - تركيب النظام البيئي :

يتكون النظام البيئي من ثلاثة نظم رئيسية هي:

1 - المحيط أو الغلاف الحيوي Biosphere :

هو ذلك الغلاف الذي توجد فيه الحياة على الأرض بصورتها الطبيعية، حيث يمكن للحياة والأحياء أن تستمر فيه. وتشمل حدوده كل من: الغلاف المائي، والغلاف الأرضي الصخري، وغلاف التربة، والطبقات السفلى من الغلاف الجوي حتى أقصى ارتفاع يمكن أن توجد فيه أي شكل من أشكال الحياة، الشكل رقم (1)، ويشمل هذا المحيط على كل من: طاقة الشمس - الهواء - الماء - النبات - الحيوان - التربة - المعادن - البترول - الغاز الطبيعي - الفحم .

مع ملاحظة أن هناك بعض الأجزاء من الكرة الأرضية غير صالحة للحياة في شكلها النشط مثل المناطق الجليدية القطبية، وقمم الجبال الشاهقة، حيث لا تصادف فيها إلا بعض أبواغ الجراثيم، ولا يمكن لأي نبات أن ينمو فيها، بسبب قساوة الظروف المحيطة بها، وتسمى هذه المناطق بـ: هامش المحيط الحيوي Parabiosphere .

وبشكل عام يمكن تقسيم المحيط الحيوي فيزيائياً إلى أربعة أقسام هي:

1. الغلاف الصخري Lithosphere: ويمثل بالجزء الصخري من سطح الكرة

الأرضية الذي تتوضع عليه التربة والمياه السطحية.

2. غلاف التربة Pedosphere: ويمثل بالطبقة السطحية الهشة التي تغطي

صخور القشرة الأرضية، سمكها يتراوح ما بين بضعة سنتيمترات وعدة

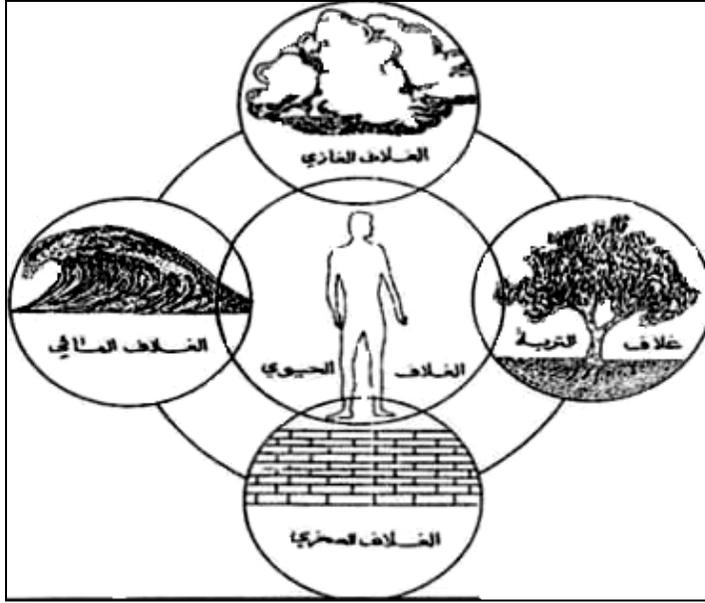
أمتار، حيث تتواجد مختلف الأحياء.

3. الغلاف المائي Hydrosphere: ويشمل على الجزء المغطى بالماء من

سطح الكرة الأرضية.

4. الغلاف الجوي Atmosphere: ويضم هذا الغلاف الطبقة الغازية المحيطة

بالكرة الأرضية .



الشكل (1) - أغلفة كوكب الأرض .

ومن أهم الصفات الأساسية التي يتمتع بها المحيط الحيوي وجود الماء في حالته السائلة وبصورة مستمرة. توافر ضوء الشمس الذي يعتبر مصدر الطاقة الأساسي الذي تستفيد منه النباتات بصورة مباشرة، والحيوانات مع باقي الأحياء الأخرى بصورة غير مباشرة.

2 - المحيط الصناعي:

وهو يشمل على كافة التغيرات التي يحدثها الإنسان داخل المحيط الحيوي والتي تنتج عن ممارسته لأنشطته وفعالياته المختلفة.

3 - المحيط الاجتماعي:

ويشمل هذا المحيط على مجمل العلاقات الذي صنعها الإنسان - بما يعكس تطلعاته واحتياجاته - وقد أقامه الإنسان ليدير به علاقاته الداخلية والخارجية.

ثالثاً - مكونات النظام البيئي:

يشمل النظام البيئي على كلٍ من المكونات التالية:

1 - المكونات الحية **Biotic Components** :

وهذه المكونات تضم جميع الكائنات الحية الموجودة داخل أي نظام بيئي، والتي تقسم حسب دورها الغذائي إلى ثلاثة مستويات هي: الكائنات المنتجة **Producers** التي تنتج المادة الغذائية (الطاقة) اعتماداً على الأشعة الشمسية، والكائنات المستهلكة **Consumers** التي تتغذى على الكائنات الحية النباتية أو الحيوانية، والكائنات المحللة **Decomposers** التي تعيد المخلفات العضوية وبقايا الكائنات الحية إلى عناصرها الأولية لتحويلها من حالتها العضوية المعقدة التركيب إلى مركباتها وعناصرها البسيطة، فيسهل امتصاصها مرة ثانية من قبل الكائنات المنتجة للغذاء والطاقة ... وهكذا تعاود دورتها في الطبيعة.

2 - المكونات غير الحية **Abiotic Components** :

وهي مجموع العناصر الأولية التي تتكون منها التربة والغلاف الحيوي المحيط بالكائنات الحية، وهذا الجزء من النظام البيئي يشمل عناصر ومركبات عضوية وغير عضوية هامة مثل الكربون (C)، والهيدروجين (H)، والأكسجين (O₂)، والماء (H₂O)، إضافة إلى مجمل العوامل الفيزيائية المتاحة مثل الرطوبة، ودرجة التوصيل الكهربائي، والملوحة، والحرارة، والضوء... الخ.

علم البيئة النباتية

مفهومه، مبادئه، أقسامه

أولاً - مفهوم علم البيئة النباتية :

علم البيئة النباتية هو ذلك العلم الذي يختص بدراسة مختلف الأنواع النباتية في أماكن معيشتها الطبيعية، والعلاقة القائمة بين هذه النباتات والوسط البيئي المحيط بها، والأثر المتبادل فيما بينهم، أي مدى تأثير النباتات على الوسط البيئي، وبالمقابل مدى تأثير الوسط البيئي عليها.

ثانياً - مبادئ علم البيئة النباتية:

ظهر علم البيئة النباتية كعلم قائم بذاته اعتماداً على جملة من الأساسيات التي وضعها مؤسسي علم البيئة الأوائل، تتلخص هذه المبادئ بالأتي:

- 1 - إن النباتات كائنات حية تآلفيه، تنمو مجتمعة مع بعضها البعض، مكونة ما يعرف بالعشائر النباتية، التي تكون في مجموعها الغطاء النباتي.
- 2 - يعتمد تكوين المجتمعات النباتية في منطقة ما على أثر مجموعة معينة من الظروف البيئية المحيطة بها، كالمناخ ونوع التربة والموقع الخ.
- 3 - عوامل البيئة في منطقة ما تتغير مع مرور الزمن، ويؤدي هذا بطبيعة الحال إلى تعرض المجتمعات النباتية للتغير تبعاً لذلك (فالغطاء النباتي ليس من طبيعته الثبات والجمود ولكنة يتغير باستمرار وهو بذلك يتمتع بصفة حركية أو ديناميكية).

ثالثاً - أقسام علم البيئة النباتية :

يقسم علم البيئة النباتية إلى قسمين (فرعين) رئيسيين هما:

1. علم البيئة الذاتية (علم البيئة الفردية) Autecology :

ويهتم هذا الفرع بدراسة النوع النباتي (النبات الواحد) باعتباره فرداً مستقلاً بحد ذاته، لمعرفة أحوال معيشته في بيئته الطبيعية، والتأثير المتبادل فيما بينه وبين عوامل الوسط البيئي المحيطة به، وكيفية استجابته لها وتفاعله معها.

2. علم البيئة الاجتماعية (Synecology (phytosociology

ويتناول هذا العلم دراسة المجتمعات النباتية Plant communities بأقسامها المختلفة لمعرفة تراكيبها ومراحل نشأتها وتطورها، والعوامل التي تتحكم في توزيعها، ومدى استجابتها لمختلف العوامل البيئية المحيطة بها.

علاقة علم البيئة النباتية بالعلوم الأخرى

لا يمكن اعتبار علم البيئة النباتية فرعاً مستقلاً عن غيره من الفروع المختلفة من علم النبات، نظراً لأصلته الوثيقة مع جميع فروع هذا العلم، وبغيره أيضاً من العلوم الحيوية والبيئية الأخرى.

أول ما تعتمد عليه الدراسات البيئية من فروع علم النبات هو علم التصنيف النباتي أو Taxonomy Plant الذي يعتمد عليه في التعرف على مختلف الأنواع النباتية، فتحديد هوية النباتات وتصنيفها يعتبر من أولى خطوات التعامل معها بقصد دراستها وتبيان علاقتها مع بعضها البعض ومع الأوساط البيئية المحيطة بها.

يأتي بعد ذلك، أهمية التعرف على الدور الذي تقوم به البيئة في التأثير على الشكل الخارجي للنباتات وبنيتها التشريحية، الأمر الذي يتطلب معرفة وثيقة بعلمي الشكل الظاهري للنبات Plant Morphology، والتركيب الداخلي التشريحي لها، علم تشريح النبات Plant Anatomy، وكذلك ب : علم الخلية Cytology عموماً، أيضاً من الضروري التعرف على أثر العوامل الطبيعية التي يعيش فيها النبات تحت ظروفها على مقدرته في القيام بوظائفه الحيوية المختلفة، وفي كيفية أدائه لهذه

الوظائف مما يقتضي استخدام علم فسيولوجي النبات Plant Physiology في تفسير العديد من الظواهر والعلاقات بين النباتات وبين ظروفها المحيطة بها .

كما يرتبط علم البيئة النباتية بعلوم هامة أخرى غير فروع علم النبات السابقة، مثل ارتباطه بـ علم الطقس (الأرصاد الجوية) Meteorology، حيث أن لكل منطقة ما من سطح الكرة الأرضية ظروف مناخية خاصة بها تؤثر من خلالها تأثيراً مباشراً أو غير مباشراً على الحالة النباتية لهذه المنطقة، ويرتبط أيضاً علم البيئة النباتية بعلاقة وثيقة مع علم التربة Pedology، كون التربة هي مقر ومسكن المجموع الجذري لمختلف الأنواع النباتية، فإذا ما صلحت التربة صلح النبات، وقد تصلح تربة ما لنبات معين ولا تصلح لنبات آخر، كذلك الأمر فإن علم البيئة النباتية يرتبط بـ علم الهيدرولوجي (علم المياه) Hydrology، فمن الضروري جداً دراسة خصائص المياه السطحية وعمقها وسرعة تياراتها وطرق صرفها وطرق ريها. ولا يغيب عن أذهاننا أيضاً العلاقة القائمة بين علم البيئة النباتية والطوبوغرافيا Topography حيث يمثل تباين الارتفاع والانخفاض عن مستوي سطح البحر بيئات مختلفة، والتي تؤثر على اختلاف النبات وتباين توزيعه الجغرافي من موقع إلى موقع بيئي آخر.

كذلك فإن علم البيئة النباتية يرتبط ارتباطاً وثيقاً مع علم الجغرافيا وخاصة مع علم الجغرافيا النباتية Plant Geography الذي يهتم بدراسة توزيع النباتات في المواقع الجغرافية المختلفة، وتطور النباتات وكيفية هجرتها من موقع لآخر، وبطبيعة العوامل التي تؤثر على مدى استقرارها في بيئاتها الجغرافية الجديدة، وكذلك أيضاً ارتباط علم البيئة بـ علم الحفريات Paleontology بما يقدمه هذا العلم من معلومات تاريخية حول أشكال الحياة (النباتية والحيوانية) في العصور الغابرة وتباين توزيعها وانتشارها في البيئات المختلفة، وأخيراً تشير إلى ارتباط علم البيئة النباتية بـ علم طبقات الأرض أو الجيولوجيا Geology، حيث نستطيع من خلال هذا العلم أن نوضح علاقة التكوينات الجغرافية الأرضية، وآلية تأثيرها على الأنواع النباتية المختلفة التي تنمو على سطح الكرة الأرضية.

تقسيم العوامل البيئية

عموماً ، يمكن تقسيم العوامل البيئية إلى الأقسام الرئيسية الأربعة التالية :

1 - عوامل مناخية :

تضم مجمل الصفات العامة لمناخ المنطقة أو الموقع من حيث الضوء، درجة الحرارة، الرطوبة، الهطول، شدة الرياح، التبخر وغيرها من العوامل المناخية الأخرى.

2 - عوامل ترابية (عامل التربة):

تشمل العوامل المرتبطة بوضع وطبيعة التربة من حيث صفاتها الطبيعية وخصائصها الكيميائية والفيزيائية كمحتواها المائي، ودرجة تهويتها ...، وغير ذلك من العوامل التي تؤثر بحالة النباتات فيها.

3 - عوامل موقعية (عامل التضاريس) :

يقصد بها كافة العوامل التي تحددها طبيعة التكوينات الجيولوجية والصفات الطبوغرافية للموقع من حيث شكل التضاريس لسطح الأرض، والارتفاع عن مستوى سطح البحر، وشدة الانحدار، ومقدار التعرض للإشعاع الشمسي، والتعرية وذر الرياح للرمال .

4 - عوامل إحيائية:

ترتبط هذه العوامل بدراسة العلاقات المتبادلة والقائمة فيما بين مختلف الأحياء الموجودة داخل الموقع البيئي من نباتات وحيوانات تحيط بالأنواع النباتية المطلوب دراسة بيئاتها .

وتجدر الإشارة هنا، إلى مدى الارتباط الوثيق فيما بين جميع العوامل البيئية الأربعة السابقة الذكر، إضافة إلى تداخل تأثيرها على نمو وتطور الأنواع النباتية المختلفة. وسوف ندرس فيما يلي هذه العوامل بشيء من التفصيل مع تبيان أهميتها وعلاقتها بالأنواع النباتية المختلفة وبالغطاء النباتي ككل .

العوامل المناخية

Climatic Factors

يتمثل **مناخ** منطقة ما بمجموعة من العوامل الجوية التي تسود فيها لفترة زمنية طويلة نسبياً تمتد مثلاً على طول فصل من فصول السنة كالهطول الذي يكون إما على هيئة سائلة (الأمطار والندى) أو على هيئة صلبة (الثلوج والبرد)، وكذلك درجة حرارة الجو، والضوء، والرطوبة الجوية... وغيرها من العوامل المناخية الأخرى. أما **الطقس**، فيعني الربط بين جميع هذه العوامل المناخية السابقة الذكر في لحظة معينة. ولذا يتغير الطقس من يوم إلى آخر، بل ربما من ساعة إلى أخرى، في حين يتصف المناخ بكونه أكثر ثباتاً واستقراراً.

ويعتبر عامل المناخ من أهم العوامل البيئية المؤثرة على الأنواع النباتية وعلى مدى تأقلمها في البيئات المختلفة، فالظروف الجوية التي تسود في أي منطقة تفرض عليها طبيعة النباتات التي يمكنها النمو والبقاء فيها، فلكل نوع من الأنواع النباتية متطلباته المناخية الخاصة به والتي تفسح له المجال في النمو الطبيعي والأمثل طالما كانت هذه المتطلبات متاحة.

ونظراً للدور الهام الذي تقوم به العوامل المناخية في التأثير المباشر أو الغير مباشر على نمو وانتشار وكثافة النباتات والغطاء النباتي على سطح الكرة الأرضية، فإن كل التكوينات النباتية الأساسية التي نصادفها في مختلف أنحاء العالم ما هي إلا تكوينات مناخية، وبذلك فعند قيامنا بدراسة بيئية لأي تكوين نباتي يلزمنا أن نصف أولاً حالة المناخ في منطقة الدراسة.

وسنقتصر في دراستنا للمناخ على العوامل التالية :

(الضوء ، درجة الحرارة ، الرطوبة ، الهطول ، الرياح ، التبخر)

الضوء

Light

الضوء هو أحد العوامل المناخية الهامة التي تحدد نمو وتطور النباتات وتشكيل الغطاء النباتي لأي موقع من المواقع البيئية. وتعتبر الشمس هي المصدر الأساسي للضوء. والضوء هو ذلك الجزء من الطاقة الإشعاعية الذي يمكن رؤيته بالعين المجردة. ويعتبر الضوء المصدر الوحيد للطاقة عند معظم الكائنات الحية، فبمساعده تقوم النباتات الخضراء بعملية البناء الضوئي وتصنيع الغذاء اللازم لها. وتعرف الأشعة الضوئية التي تتراوح أطوال موجاتها ما بين (0,4-0,7) ميكرون بالأشعة النشطة بنائياً، لكونها هي التي تمتصها صبغة الكلوروفيل عند النباتات خلال قيامها بعملية البناء الضوئي.

وتشمل الطاقة الإشعاعية لضوء الشمس على موجات من الأشعة فوق البنفسجية، والأشعة تحت الحمراء بالإضافة إلى الضوء المرئي (المنظور). ولا يصل إلى سطح الأرض من الضوء المنظور سوى حوالي (39%) من الإشعاع الكلي، وحوالي (60%) من الأشعة تحت الحمراء Infrared Rays، و فقط (1%) من الأشعة فوق البنفسجية Ultra Violet Rays.

تستهلك النباتات كمية ضئيلة جداً من الطاقة الإشعاعية التي تسقط على أوراقها تتراوح ما بين (0.5 - 1.5%) من هذه الطاقة، وهي النسبة التي تمتصها الأوراق وتحولها إلى طاقة حرارية، في حين (50%) منها تقريباً يستغل في عملية تبخر الماء، و(19%) تفقدها الأوراق ثانية عن طريق الإشعاع، وأن حوالي (30%) من الأشعة تنعكس من على أسطح الأوراق النباتية أو تنفذ من خلالها، ليتضح من ذلك أنه فقط مقدار ضئيل جداً من الطاقة الإشعاعية هي التي تستغلها البلاستيدات الخضراء في عملية البناء الضوئي وتصنيع الغذاء العضوي الذي يحتاجه النبات. فقد وجد بالتجربة وعلى سبيل المثال، أن نبات أبو خنجر *Tropaeolum majus*، وعباد

الشمس *Helianthus annus* لا تستعمل في عملية البناء الضوئي سوى (0.42) إلى (1.66) في المائة من هذه الطاقة أما معظم الطاقة الإشعاعية والتي تشمل خاصة الأطوال الموجبة التي تزيد أطوال موجاتها عن (0.752) ميكرون فإنها تفقد وتضيع.

وتتباين كمية الضوء التي تصل إلى سطح الكرة الأرضية بشكل واضح، فهي تتناقص تدريجياً شمالاً وجنوباً بعد خط العرض (30)، في حين تبلغ شدة الضوء أعلى قيمه لها في المنطقة الواقعة ما بين خط الاستواء وخطي العرض (30) شمالاً وجنوباً، علماً بأن هذه المنطقة تتضمن أماكن تتفاوت بها شدة الإضاءة، فهي تزداد مع ارتفاع الضغط الجوي المترافق عادة بانخفاض كميات السحب والضباب أو عند انعدامها كما في المناطق الصحراوية، وتنخفض مع انخفاض الضغط الجوي بسبب تراكم السحب والضباب كما هو الحال في المناطق الباردة من سطح الكرة الأرض.

عموماً، تتميز دراسة تأثير عامل الضوء على النباتات والغطاء النباتي بكونها في غاية من التعقيد بسبب التأثير الحراري الذي يصاحب انتشار الضوء، فمثلاً، عملية البناء الضوئي التي تقوم بها النباتات عند توفر الضوء تتأثر كثيراً بدرجة حرارة الوسط المحيط التي ترتبط بشكل مباشر بكمية وشدة هذا الضوء، وبالتالي فهناك علاقة وثيقة ما بين تأثير الضوء وتأثير الحرارة على النباتات، إذ أن توفر أحد هذين العاملين في حدود مناسبة يعوض النقص في العامل الآخر، وأن فاعلية الطاقة الضوئية تزداد بازدياد درجة الحرارة، فهناك نباتات معينة يتشابه تركيبها إذا نمت في الظل المصحوب بدرجة حرارة مناسبة مع نباتات معرضة للشمس مع درجات حرارة منخفضة، وهذا ما يؤكد لنا تداخل وتضافر مختلف العوامل المناخية على مقدار تباين النبات وشدة تنوعه وتوزعه في المواقع البيئية المختلفة .

تأثير الضوء على النبات :

يؤثر الضوء على النباتات من خلال وجوه عدة، فهو يعمل على بناء صبغة اليخضور وعلى غيرها من الصبغات الأخرى، كما يؤثر على بناء مواد النمو أو الهرمونات، وكذلك على معدل تكوين المواد الكربوهيدراتية، وعلى عدد وطريقة ترتيب البلاستيدات الخضراء داخل الأنسجة النباتية، كما ويتحكم الضوء في فتح وإغلاق الثغور التنفسية، وبالتالي له تأثيره الواضح على عملية النتح، والضوء هو الذي ينبه الأعضاء النباتية فتستجيب له بالانتحاء، كما يحدث في انحراف الساق والأوراق نحو المنبع أو المصدر الضوئي من خلال ظاهرة تعرف بظاهرة الانتحاء الضوئي.

ويعمل الضوء أيضاً على تكوين مركبات كيميائية معينة (الهرمونات أو منظمات النمو) تؤثر تأثيراً كبيراً في نمو النباتات وتطورها، كما يؤثر في العمليات التي لها علاقة بالتكيف وتخصص خلايا وأنسجة الأعضاء النباتية المختلفة، كما يتضح ذلك من تكوين النسيج العمادي في الأوراق ونمو أعضاء التخزين في الجذور. عموماً، يؤثر الضوء على النبات في كل مرحلة من مراحل نموه وتكوينه سواءً في شكله الظاهري، أو في بنيته التشريحية الداخلية .

ويمكن أن نوضح تأثير الضوء على النباتات المختلفة من خلال النقاط التالية :

1- إنتاج الكلورفيل :

يعتبر إنتاج الصبغة الخضراء (اليخضور، الكلوروفيل) أول رد فعل تستجيب له النباتات لعامل الضوء، ويستثنى من ذلك بطبيعة الحال أغلب البكتيريا وسائر الفطريات، وهي التي لم تنشأ بها القدرة على تكوين صبغة اليخضور أصلاً بتأثير عاملي التطفل والترمم، ومن ناحية أخرى، توجد أنواع من السوطيات وحيدة الخلية تنتج اليخضور لكن هذه الصبغة لا تستطيع أن تؤدي عملها في وظيفة التمثيل أو البناء الضوئي إلا إذا تعرضت هذه الكائنات للضوء، وباستثناء هذه السوطيات وحدها، لا

تستطيع النباتات ذات البلاستيديات إنتاج اليخضور إلا في وجود الضوء، ويختفي اليخضور إذا طال وضع النباتات في الظلام. من جهة أخرى، تتفاوت درجة احتمال النباتات المختلفة للظل، ففي المناطق المعتدلة تحتاج أكثر أنواع النباتات تحملاً للظل إلى (1%) على الأقل من الضوء الطبيعي لكي تستطيع أن تقوم بقدر من التمثيل الضوئي الذي يكفي لنموها، وعلى ما يبدو أنه لا يوجد أي مكان حتى في أكثر الغابات غزارة وكثافة بالأشجار لا ينفذ إليه الضوء بالقدر الكافي لتكوين صبغة اليخضور، ولكن ذلك الضوء لا يكفي في كثير من الأحيان لسير عملية التمثيل الضوئي بالسرعة اللازمة (بالمعدل الأمثل) لاستمرار حياة النباتات حتى عند أكثر النباتات تحملاً للظل، فمعظم النباتات تحتاج إلى ضوء ساطع من الشمس كي تستطيع تكوين صبغة اليخضور اللازمة لإتمام عملية البناء الضوئي بشكلها الأمثل، والتي وجد أنها تنشط بشكل واضح عند مختلف الأنواع النباتية لدى تعرضها لإضاءة كافية.

2- عدد البلاستيديات الخضراء ومواقعها :

من الممكن أن نوضح أثر الضوء على عدد البلاستيديات الخضراء وطريقة توزيعها ضمن الأنسجة الورقية في ضوء الاحتياجات المائية للنبات. وبشكل عام، فقد وجد أن البلاستيديات الخضراء يزداد عددها في نباتات الشمس وتترتب ضمن أنسجتها النباتية في صفوف موازية لاتجاه الأشعة الضوئية ليعمل كل منها كستار يحمي بعضه البعض من التعرض الكامل والمباشر للطاقة الإشعاعية، لتقلل بهذه الطريقة كمية الماء التي يفقدها النبات عن طريق النتح، وبالتالي يمكن النظر إلى هذا الترتيب للبلاستيديات الخضراء عند نباتات الشمس على أنه وسيلة دفاعية لمنع فقد الماء بشدة من النبات، في وقت تنشط فيه هذه البلاستيديات في صنع المواد الغذائية والذي يتطلب عملها توفر درجة عالية من التميؤ (الإماهه) لقيامها بوظيفتها على الوجه الأكل.

أما عند نباتات الظل، فيضعف خطر فقد الماء لديها عن طريق النتح بسبب تدني الطاقة الإشعاعية التي تتعرض لها، بل هي على العكس تحاول جاهدة الاستفادة من أكبر قدر ممكن من الضوء المتاح، كي تستطيع القيام بعملية التمثيل الضوئي بالشكل الأمثل، لذلك نجد أن بلاستيداتها - التي ينخفض عندها عددها بالمقارنة مع نباتات الشمس - تترتب في وضع متعامد مع الأشعة الساقطة عليها بهدف زيادة مساحة السطح المعرض للأشعة الشمسية، مما يتيح لها الاستفادة من الضوء بمقدار أكبر.

3- تركيب الورقة :

يختلف تركيب الأوراق عند معظم الأنواع النباتية اختلافاً كبيراً تبعاً لمقدار شدة الضوء الذي تتعرض لها، ويظهر الأثر المباشر للضوء في تركيب الورقة من خلال تأثيره على العلاقات المائية للنبات، وقد بينا آنفاً، أن عدد البلاستيدات الخضراء عند نباتات الشمس يزداد بازدياد شدة الضوء كما وإنها تعمد إلى ترتيب نفسها بطريقة تساعدها على الإقلال من تعرضها الشديد والمباشر للأشعة الشمسية مما يخفض من فقد الماء عندها بطريقة النتح.

ولما كانت البلاستيدات تقع في العادة ضمن طبقة السيتوبلازم التي تبطن الجدار الخلوي عند معظم النباتات، فبالتالي كلما كان هذا الجدار مرناً وقابلاً للتمدد والتشكيل ويحيط بكتلة غروية هلامية مرنة من السيتوبلازم، كلما ساعد ذلك في سهولة تحرك البلاستيدات داخل السيتوبلازم بحرية في اتجاه متعامد مع سطح الورقة مما يؤدي إلى تمدد الخلايا مع اتجاه الحركة، وإلى استطالة الخلايا العمادية المتكونة في الجزء الأعلى (السطح العلوي) من الورقة، وهذا ما يفسر امتلاك أوراق نباتات الشمس (المحبة للضوء) على عدد كبير من طبقات النسيج العمادي بالمقارنة مع ما تحتويه أوراق النباتات المحبة للظل.

وقد لوحظ أيضاً، أن النسيج العمادي تختلف كميته اختلافاً كبيراً حتى ضمن أوراق النبات الواحد، فالأوراق الخارجية التي تتعرض بطبيعة الحال للضوء الكامل تحتوي

على نسبة أعلى من الخلايا العمادية مما هو عليه في الأوراق السفلية والداخلية التي يصلها في العادة كمية قليلة من الإضاءة، وفي الحالات التي يتعرض لها سطحي الأوراق النباتية للضوء بدرجة واحدة، كما في أوراق نبات الكافور والكثير من النباتات الصحراوية، تتكون أنسجة عمادية في السطح السفلي للورقة كما هو الحال في السطح العلوي، في حين إذا انخفضت كمية الضوء عن حد معين فقد لا تتكون الأنسجة العمادية على الإطلاق.

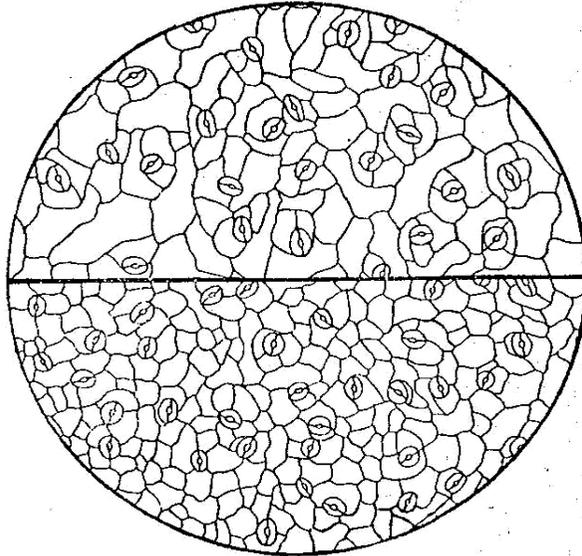
من جهة أخرى، هناك صلة وثيقة بين تغير شكل الأوراق النباتية وشدة الإضاءة التي تتعرض لها، فالضوء كما شاهدنا يؤثر على طريقة توضع وحركة البلاستيدات الخضراء الموجودة ضمن خلايا الأنسجة الورقية، ولما كانت الخلايا الإسفنجية تميل إلى الإستطالة في اتجاه موازٍ للمسطح الورقي، فإنها تدفع الخلايا العمادية إلى توجيه امتداد الورقة في وضع يقع على استقامة الأشعة الساقطة، لذلك فإن الأوراق التي تغلب فيها نسبة الأنسجة العمادية، وهذا ما نجده عند نباتات الشمس، تكون أكثر سماكة نسبياً وفراغاتها البينية أضيق وأقل عدداً، بالمقارنة مع نباتات الظل. ولما كانت الأوراق السمكية تنزع إلى الضيق والصغر، بينما تميل الأوراق الرقيقة إلى الاتساع والضخامة، لذلك فأوراق النباتات المحبة للضوء تتميز بصغر حجمها وضيقها على خلاف أوراق النباتات المحبة للظل التي تنحو نحو الكبر والاتساع.

4- طبيعة الساق :

تكون ساق النباتات التي تعيش في الظل عادة أطول قامة وأكثر تفرعاً من ساق نباتات الشمس، فالساق الطويلة ذات السلاميات المتباعدة لا تظل فيها الأوراق العلوية ما ينمو دونها من أوراق كما يحدث في الساق القصيرة ذات السلاميات المتقاربة، وهذا ما يفسر كثرة التفرع عند نباتات الظل مع احتلالها لبقعة واسعة من سطح التربة، إذ أن شدة أو كثرة التفرع يساعد على حمل الأوراق بصورة متباعدة عن بعضها البعض مما يتيح لها أن تحصل على حظ أوفر من الضوء المتاح.

5- حركة الثغور التنفسية :

يعتبر الضوء من أكثر العوامل البيئية أهمية في تنظيم حركة الثغور التنفسية، حيث يزداد معدل النتح في الضوء المعتدل بمعدل ضعفين إلى عدة أضعاف عن معدله في الظلام، وهناك علاقة وطيدة بين عامل الضوء وبين جملة من الظروف المحيطة التي تتحكم في فتح وغلق الثغور التنفسية عند مختلف الأنواع النباتية، فالضوء الكافي لفتح الثغور لا يستطيع منفرداً في التأثير على حركة الثغور إذا لم تتوفر الظروف المناسبة لذلك، والعكس صحيح في عدم قدرة الظروف المحيطة بالتأثير منفردة على فتح وغلق الثغور إذا لم تتوفر كمية الإضاءة المناسبة، فمثلاً قد تقفل الثغور التنفسية حتى مع وجود الضوء المناسب وذلك عندما تنخفض كمية الماء التي يحتاج إليها النبات.



الشكل (10) - الفرق بين حجم خلايا البشرة وحجم الثغور وعددها في نبات يعيش في الظل (أعلى) وآخر يعيش في الضوء (أسفل) .

من جهة أخرى، يؤثر الضوء كذلك في عدد وحجم الثغور التنفسية، فتمتيز النباتات المحبة للضوء بزيادة عدد ثغورها التنفسية وصغر أحجامها وشدة تقاربها من بعضها البعض ضمن وحدة مساحة المسطح الورقي، في حين يقل عدد هذه الثغور وتزداد

أحجامها وتصبح أكثر تباعداً عند النباتات المحبة للظل، وهذا ما يوضحه لنا الشكل التالي رقم (10): وتجدر الإشارة هنا، إلى أن قليل فقط من النباتات التي يلعب عندها الضوء دوراً بسيطاً في فتح وإغلاق ثغورها التنفسية.

6- إنبات البذور والإزهار والإثمار :

مما لا شك فيه، أن الضوء يؤثر في قدرة النبات على الإزهار والإثمار، فتوفر الضوء الكافي يحرض النباتات على تشكيل أزهارها وبالتالي تكوين ثمارها بوقت مبكر نسبياً.

كما ويؤثر الضوء أيضاً على إنبات بذور مختلف الأنواع النباتية تقريباً، ويمكن تقسيم البذور حسب متطلباتها للضوء إلى المجموعات التالية:

أ- بذور حساسة (محبة) للضوء: وهي التي تحتاج إلى إضاءة كافية لإنباتها، وتبقى كامنة في التربة دون إنبات في حال غياب الضوء عنها حتى تتوفر لها كمية مناسبة منه، مثل بذور نبات الخس العادي (*Lactuca sativa*).

ب- بذور حساسة (محبة) للظلام: وهي تلك البذور التي تحتاج إلى فترة كافية من الظلام كي ينجح إنباتها، ولا تنبت بوجود الضوء، مثل بذور نبات حبة البركة *Nigella sativa*، وبذور بعض الأنواع من نبات البصل *Allium sp*

ج- بذور متعادلة للضوء والظلام: وهذه تنبت مع وجود أو غياب الضوء على حدٍ سواء، وتضم بذور معظم الأنواع النباتية، كالبقوليات والحبوب .

تقسيم النباتات حسب حاجتها للضوء:

تقسم الأنواع النباتية حسب احتياجاتها الضوئية إلى المجموعتين التاليتين:

1- نباتات محبة للضوء Heliophytes:

نباتاتها تحب (تفضل) الضوء الساطع فتتمو وتمضي دورة حياتها عندما تتوفر شدة إضاءة مناسبة وكافية لها، وهي تنتشر في المناطق التي تتميز بسطوع شمسي عالي

كالصحاري والسهوب والمناطق الجبلية المرتفعة. ويمكن تقسيم نباتات هذه المجموعة حسب كمية الإضاءة التي تحتاجها إلى المجاميع الفرعية التالية:

أ - نباتات ذات نهار طويل Long day plants :

وهي نباتات تحتاج إلى أيام ذات نهار طويل، أكثر من (12) ساعة إضاءة في اليوم كي تبدأ أو تدخل في مرحلة الإزهار والإثمار بنجاح بالرغم من أنها تنمو نمواً خضرياً وثيراً في الأيام ذات النهار القصير. أو بتعبير آخر هذه النباتات تحتاج إلى فترة ظلام قصيرة عبارة عن بضع ساعات كي تزهر، لذلك تدعى أيضاً بالنباتات ذات الليل القصير، مثل محاصيل الحبوب والسيباخ والفجل والنعناع واللفت والسوسن والبرسيم الأحمر.... الخ، وهذه النباتات تزهر بانتظام في الأيام ذات الفترات النهارية الطويلة والتي تقع في أواخر فصل الربيع وأوائل فصل الصيف. ومع ذلك يمكن حمل هذه النباتات على الإزهار والإثمار في منتصف فصل الشتاء إذا ما استعمل ضوء صناعي وذلك لإطالة فترة الإضاءة النهارية.

ب - نباتات ذات نهار قصير Short day plants :

وفيها نباتاتها تحتاج إلى أقل من (12) ساعة إضاءة في اليوم لتدخل في مرحلة الإزهار. وهذا يتوفر في الكثير من النباتات المدارية، مثل قصب السكر، والأضاليا، والطباق (التبغ) ومعظم الحوليات الصيفية. وقد اتضح، أن فترة الظلام هي المحددة لبدء مرحلة الإزهار عند هذه النباتات، لذلك يمكن تسميتها بالنباتات ذات الليل الطويل، ومثال ذلك نبات الشبيط *Xanthium pennsylvanicum* الذي يحتاج لفترة إضاءة لا تزيد عن (10,35) ساعة، ومدة ظلام لا تقل عن (8,15) ساعة كي يزهر، وإذا ازدادت فترة الإضاءة أو نقصت فترة الظلام عن هذا الحد فإن النبات يفشل في إزهاره. وقد أمكن بالتجربة حمل هذه النباتات على الإزهار في منتصف فصل الصيف وذلك باستبعاد ضوء الصباح الباكر أو ضوء الظهيرة المتأخر ولمدة بضع ساعات يومياً.

ج - نباتات محايدة أو متعادلة النهار **Neutral day plants** :

نباتات هذه المجموعة تستطيع الإزهار والإثمار في مجال متسع من أطوال النهار "ساعات الإضاءة" أو فترات الليل "ساعات الظلام"، وهي عموماً تستطيع أن تزهر طوال السنة وفي أي فترة منها، مثل الطماطم، الفلفل، القطن، عباد الشمس، الحلاب (الفربيون) *Euphorbia peplus* ...، وغيرها من النباتات .

2- نباتات محبة للظل " نباتات الظل " (كارهة للضوء) **Sciophytes** :

نباتاتها تستطيع أن تنمو وتتكاثر وتتم دورة حياتها تحت ظروف إضاءة منخفضة أو ضعيفة، تتميز نباتات هذه المجموعة بالصفات الآتية:

- أوراقها كبيرة الحجم ورقية نسبياً .
 - نباتاتها مرتفعة طويلة القامة وكثيرة التفرع .
 - نباتاتها ملساء خالية من الأوبار والأشعار .
 - تتصف ثغورها بالتنفسية بتباعدها عن بعضها البعض وبكبر أحجامها وقلة أعدادها في وحدة المساحة من مسطحها الورقي .
- وتعمل جميع هذه الصفات الأنفة الذكر على زيادة كفاءة استغلال الضوء المتاح، والتقليل قدر الإمكان من انعكاساته على أسطحها النباتية.

العوامل التي تؤثر في شدة الإضاءة :

تغيرات يومية وسنوية: حيث تتفاوت شدة الإضاءة باختلاف الساعات اليومية، وكذلك من فصل لآخر خلال العام الواحد، فهي تنخفض إلى درجة تصبح عندها عاملاً محدداً لعملية البناء الضوئي وذلك في الفترات القريبة من شروق الشمس وغروبها، في حين تبلغ شدة الإضاءة نهايتها القصوى عند فترة الظهيرة عندما تكون الشمس عموديه على سطح الأرض، أما السقوط المائل للأشعة الضوئية فإنه يقلل من شدتها بسبب امتصاص الطبقات الجوية العليا للموجات الضوئية، وازدياد عوامل الفقد والضياع لها

خلال اختراقها لمسافة أكبر من طبقات الجو المختلفة بالمقارنة مع قصر هذه المسافة عند السقوط العمودي لها. كذلك الحال، تتفاوت شدة الإضاءة باختلاف فصول السنة، حيث يتميز فصل الصيف بسطوع شمسي يفوق بكثير عما هو عليه في فصل الشتاء أو الخريف.

ارتفاع الموقع: يؤثر ازدياد ارتفاع الموقع عن مستوى سطح البحر في زيادة كمية الضوء التي يتلقاها، وذلك بسبب قصر المسافة التي تقطعها الأشعة الضوئية خلال طبقات الهواء وصولاً للمرتفع، لذا نجد أن شدة الإضاءة في قمم الجبال أعلى من شدتها في المنخفضات والوديان.

تضاريس الموقع: تؤثر المنحدرات واتجاهها على كمية الضوء التي يتلقاها الموقع، فتكون كبيرة على المنحدرات الجنوبية بالمقارنة مع كميتها على المنحدرات الشمالية، نتيجة تعرض المنحدرات الجنوبية للأشعة الشمسية بشكل أكبر ولفترة زمنية أطول، بالمقارنة مع المنحدرات الشمالية.

زاوية سقوط الأشعة الشمسية: تبلغ شدة الإضاءة أقصاها في المناطق التي تتلقى أشعة الشمس بصورة عمودية عليها، في حين تبلغ أدنى قيمه لها في المواقع التي تسقط عليها أشعة الشمس بصورة مائلة، وقد فسرنا ذلك أنفاً.

الغطاء النباتي: حيث تنخفض شدة الإضاءة على أرض الغابات ذات الأشجار الكثيفة الباسقة والمتشابكة إلى درجة تصبح معها محددة لنمو الكثير من النباتات المحبة للضوء، فأوراق الأشجار المكونة للغابات لا تسمح إلا بمرور (10%) من الأشعة الضوئية خلال أسطحها النباتية، وغالبية الضوء الذي يصل إلى الطبقات السفلية للغابة ينفذ من بين الأوراق، أما المناطق المكشوفة والعارية من الغطاء النباتي أو تلك المناطق التي تضعف فيها التغطية النباتية فإنها تتلقى كمية من الإضاءة تتباين شدتها حسب غزارة غطائها النباتي.

طبيعة المناخ: فرطوبة الجو ووجود السحب والضباب تعمل على إنقاص شدة الضوء بصورة واضحة، فلقد وجد أن الإشعاع الضوئي في يوم غائم ينخفض بمقدار

(40%) عما هو عليه في يوم صحو لذات الموقع ولذات التوقيت من الفصل أو السنة، كما أن شدة الضوء في المناطق الجافة القاحلة والتي تنعدم أو تقل فيها كميات السحب والضباب تزداد كثيراً عن شدتها في المناطق الرطبة التي تقع على نفس خط العرض.

سمك طبقة الماء: يمتص الماء الموجات الضوئية الطويلة، وبالتالي لا ينفذ إلى أعماق المسطحات المائية سوى الموجات القصيرة، إضافة إلى أن نسبة كبيرة من الضوء تنعكس من أسطح هذه المسطحات، كما أن سطح الماء الراكد المستوي القليل التموج يعكس (20-25%) من الضوء، بينما يعكس السطح المتكسر ذو الأمواج (50-70%) من الضوء الذي يسقط عليه، ولقد تبين أيضاً أنه في بعض المحيطات وعلى عمق (10) أمتار ينخفض الضوء بنسبة (10%) حتى ما كان منه قصير الموجات، فكلما تعمقنا تحت سطح الماء نقص الضوء وضعفت حدته، وانخفض عدد الأحياء الموجودة في الماء، كما هو الحال في أعماق البحار والمحيطات. لذلك، تنمو النباتات المغمورة في الماء تحت ظروف من الإضاءة تختلف كثيراً عن ظروف إضاءة النباتات الأرضية .

درجة حرارة الهواء

Air Temperature

تؤثر درجة حرارة الوسط المحيط تأثيراً كبيراً على جميع وظائف الحياة التي تقوم بها مختلف الأنواع النباتية، من عمليات الأيض والبناء الضوئي والتنفس والنمو.. وغيرها، والتي عادة ما تنشط بتوفر الحرارة المناسبة بحدودها المثلى، وتتباطأ عند تجاوزها لهذه الحدود ارتفاعاً أو انخفاضاً إلى الحد الذي يجعل من درجة الحرارة غير الملائمة لها عائقاً لاستمرارها، مؤدية في كثير من الأحيان إلى عدم قدرة النبات على الاستمرار في النمو وبالتالي إلى هلاكه.

فقد وجد مثلاً، أن عملية البناء الضوئي تتضرر عند استمرار انخفاض درجة الحرارة عن حدودها المثلى، كما ويمكن أن يتوقف التنفس عند النبات لينتهي به الأمر إلى الهلاك، في حين يتباطأ نشاط الإنزيمات وبشدة عند ارتفاع درجة الحرارة عن معدلاتها الطبيعية بسبب تفككها وتخربها عند تعرضها للحرارة العالية، أيضاً ودرجة الحرارة تأثيراً واضحاً على معدلات النمو، وعلى سرعة التحول الغذائي وطبيعة منتجاته، وكذلك على معدل النتج الذي وجد إنه يزداد مع زيادة درجة حرارة الهواء المحيط بالنبات، وينخفض بانخفاضها.

عموماً، فإن أهمية درجة الحرارة لا تقتصر على تنشيط وظائف الحياة فحسب، ولكنها تتعدى ذلك لتهيئ وتوفر الطاقة اللازمة لهذه الوظائف في إتمام العديد من العمليات والتفاعلات الحيوية التي يقوم بها النبات.

وعادة ما توطن النباتات نفسها في مواطنها الطبيعية اعتماداً على مقدرتها في مواجهه التقلبات الحرارية التي تتعرض لها، فالبعض منها وإن تأثر نموه وازدهاره ببرد الشتاء القارص، إلا إنه يتخذ من خاصية الكمون (السكون) التي يمر بها في فصل الشتاء وسيلةً وحافزاً لتجديد نموه وتنشيطه في الربيع التالي، وهذا ما نلاحظه بشكل

واضح في كثير من البذور والأبصال والكورمات والدرنات والبراعم، التي تعتبر بمثابة نباتات صغيرة أو مناطق نمو محمية حماية محكمة ضد العوامل البيئية غير المناسبة (كأعوام القحط والجفاف، فترات الصقيع، ... الخ)، فنشاهدها قد تكيفت على المرور بفترة طويلة من البرودة، لتصبح بعدها قادرة على النمو والتطور. وبذلك فلدرجة الحرارة تأثيراً واضحاً على إنبات البذور ونمو البادرات ونضج النبات وتفتح الأزهار وتشكل الثمار والبذور، وبالتالي على تكاثر وإنتاج النبات عموماً. ومن البديهي الإشارة هنا، إلى أن درجة حرارة الوسط المحيط لا تؤثر فقط على الأفراد النباتية بحد ذاتها فحسب، بل يمتد تأثيرها ليطل تكوين ونمو وتطور الغطاء النباتي في المواقع البيئية المختلفة، وعلى مقدار كثافة هذا الغطاء أيضاً.

تقلبات درجة الحرارة:

هناك تقلبات يومية وفصلية وسنوية واضحة في درجات حرارة الوسط المحيط والتي تتفاوت معدلاتها في مختلف بقاع سطح الأرض تبعاً لتأثير عاملي الإشعاع والتوصيل. ولذلك نجد أن درجة الحرارة لا تبلغ حدها الأقصى في فترة الظهيرة، كما هو الحال بالنسبة لعامل الضوء، بل تتأخر إلى الساعة الثانية أو الثالثة من بعد فترة الظهيرة، كما وأنها أيضاً لا تصل إلى حدها الأدنى عند حلول المساء، ولكن قبيل بزوغ شمس اليوم التالي، أما على مدار العام الواحد، فنجد أيضاً أن درجة الحرارة لا تبلغ حدها الأقصى في شهر يونيو (حزيران) عندما تتعامد الشمس مع سطح الكرة الأرضية، بل بعد ذلك بشهر أو شهرين، كما وأنها تبلغ حدها الأدنى بعد شهر ديسمبر (كانون الأول) بشهر واحد أو شهرين اثنين أيضاً.

وتختلف درجة الحرارة عادة باختلاف خطوط العرض وتباين الارتفاع فوق مستوى سطح البحر، حيث تنخفض كمية الحرارة التي تصل من الشمس إلى سطح الأرض كلما ابتعدنا عن خط الاستواء شمالاً أو جنوباً، وذلك بسبب طول المسافة التي تقطعها

هذه الأشعة، والفقد الذي تتعرض له نتيجة امتصاصها من قبل الغلاف الجوي خلال مسارها وصولاً إلى سطح الكرة الأرضية.

أما فيما يتعلق **بالارتفاع**، فقد وجد أن الجبال الشاهقة تتلقى من الحرارة - لشدة تعرضها لها - أكثر مما تتلقاه الأراضي المنخفضة، ويزداد الفقد بالإشعاع في أعالي الجبال عنه بالمقارنة مع المنخفضات نتيجة لشدة الرياح في المرتفعات مما يجعل المناطق الجبلية دائماً أكثر برودة من السهول والوديان المنخفضة. ومن جهة أخرى، فعلى الرغم من برودة الهواء في المرتفعات عنه في المنخفضات، فإن درجة حرارة سطح التربة تكون أعلى بكثير في الأولى مما هي عليه في الثانية وذلك في فترات النهار، ولكنها تنخفض عنها ليلاً بفعل الإشعاع السريع الناجم عن مختلف عوامل الفقد الحراري الذي يتعرض له سطح التربة في المرتفعات.

أيضاً، تتباين معدلات درجات الحرارة تبعاً **لشدة وجهة انحدار المواقع البيئية**، ذلك لأن تأثير أشعة الشمس يكون على أشده عندما تسقط هذه الأشعة بصورة عمودية على سطح الأرض، فكلما صغرت زاوية السقوط ضعف تأثيرها، كما لوحظ أن المنحدرات الجنوبية لسطح الكرة الأرضية تتعرض للأشعة الشمسية بشكل أكبر ولفترة زمنية أطول مما يجعلها أكثر دفئاً من باقي المنحدرات الأقل تعرضاً للشمس.

كذلك، تتفاوت درجات الحرارة في المستويات المختلفة من الهواء والتربة إذ تبلغ أقصى معدلاتها عند سطح الأرض أثناء النهار وتتناقص تدريجياً كلما اتجهنا نحو الأعلى أو الأسفل، ويعود التناقص في الوسط الهوائي إلى تراجع إشعاع التربة كلما ابتعدنا عنها، إلى أن يخفي نهائياً على ارتفاع غير بعيد عن سطحها، وذلك بفعل تأثير الرياح الذي يشند مع الارتفاع، أما في التربة فإن الحرارة لا تنفذ لداخلها بسهولة إما لضعف توصيلها الحراري، أو لكبر السعة الحرارية (الحرارة النوعية) للماء الذي تحتويه.

وفي العادة، يكون الهواء بالنهار أدفاً من التربة وخاصة في الأيام المشمسة كأيام الصيف، ولكن أثناء الليل يفقد الهواء حرارته بسرعة أكبر مما تفقده التربة، لذلك تبقى

التربة أثناء الليل أدفاً من النهار لفترة من الوقت، إضافة إلى ذلك فإن درجة حرارة التربة الداكنة ترتفع بسرعة أكبر بالمقارنة مع التربة الفاتحة، بسبب قدرة الأولى على امتصاص الأشعة الشمسية بخلاف التربة ذات اللون الفاتح التي تتميز باستطاعتها على عكس تلك الأشعة مما يجعلها أبرد من التربة الداكنة .

تأثير العوامل البيئية على درجة الحرارة :

تؤثر عوامل بيئية عديدة على درجة حرارة الوسط المحيط، ولعل السحب والرياح هما من أبرز هذه العوامل، حيث تعكس الأسطح العلوية للسحب مقداراً كبيراً من الأشعة الشمسية أثناء النهار وتعيق من وصولها إلى سطح الأرض مؤدية بذلك إلى انخفاض واضح في درجة حرارته، أما ليلاً فإنها تعترض مسار الإشعاع الصادر عن الأرض فتحول دون انخفاض درجة الحرارة عند سطحها وفي الهواء الملاصق لها إلا بمقدار ضئيل.

وبالمثل، فإن جميع العوامل الأخرى التي تحول دون التعرض المباشر لأشعة الشمس نهاراً، والتي تعمل على إعاقة الإشعاع من سطح الأرض إلى الهواء أثناء الليل، تساهم في جعل درجة حرارة الوسط أكثر انتظاماً واستقراراً، ومن هذه العوامل نذكر الضباب والرطوبة الجوية المرتفعة والغطاء النباتي الكثيف كالغابات.... وغيرها.

أما فيما يتعلق بالرياح، فإنها تسبب ارتفاعاً ملموساً في درجة حرارة المواقع البيئية عندما تهب عليها من منطقة دافئة، أو انخفاضاً بحرارتها عندما تكون قادمة من منطقة باردة، كما وتعمل المسطحات المائية المختلفة (كالأنهار والبحيرات والمستنقعات والبرك... الخ) على تثبيت درجة حرارة المواقع البيئية التي تنتشر بها مثل هذه المسطحات أو حتى تلك المواقع القريبة منها والمجاورة لها، نظراً لارتفاع الحرارة النوعية للماء، وبطء التغيرات الحرارية له، مما يجعل درجة حرارة مثل هذه المواقع أكثر ثباتاً واستقراراً واعتدالاً من المواقع البيئية التي تفتقر إلى مثل هذه المسطحات المائية، فتصبح بذلك أكثر ملائمة لنمو الكثير من النباتات.

درجات الحرارة الملائمة وغير الملائمة للنبات :

تختلف النباتات عن الكائنات الحية ذوات الدم الحار في أن درجة حرارتها غير ثابتة وترتبط بصورة مباشرة مع درجة حرارة الوسط المحيط، والتي نادراً ما تختلف عنها اختلافاً كبيراً، في حين تحافظ الكائنات الحية ذوات الدم الحار على درجة حرارة ثابتة لأجسادها بغض النظر عن درجة حرارة الوسط الذي يحيط بها "مثلاً درجة حرارة الإنسان ثابتة تقريباً عند درجة حرارة (36)°م".

فنجد أن درجة حرارة ساق النباتات وأوراقها قد ترتفع عن درجة حرارة الهواء المحيط بها بمقدار يتراوح ما بين (10-15)°م، والذي يحد من استمرار ارتفاع درجة حرارة أوراق النباتات عند تعرضها لضوء الشمس المباشر، هو عملية التبريد الناجمة عن وظيفة النتح أو التعرق التي تقوم بها مختلف الأنواع النباتية، فلدَى مقارنة درجة حرارة أوراق حية تنتح بشدة من نبات الذرة الصفراء، وجد أنها تقل بـ (5)°م عن درجة حرارة أوراق ميتة من نفس النبات.

وتتحمل معظم النباتات مدىً واسعاً من درجات الحرارة، ويستطيع بعضها أن ينمو في درجات حرارة متطرفة في الارتفاع، وبعضها الآخر في درجات متطرفة في الانخفاض، وهناك أنواع تستطيع تحمل الدرجات المتطرفة طالما توفر لديها الماء الكافي، مثال ذلك، بعض النباتات الطحلبية التي تستطيع أن تنمو وتتكاثر في المياه القطبية التي تهبط فيها درجة الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي، حيث يبقى الماء محتفظاً بسيولته بسبب ملوحته العالية، وعلى خلاف ذلك تزدهر أنواع كثيرة من الطحالب والبكتيريا في مياه الينابيع الحارة لاستطاعة بعضها تحمل درجات حرارة مرتفعة قد تصل إلى (77)°م، أو حتى لغاية (89)°م.

والمعروف بوجه عام، أن أكثر درجات الحرارة ملائمة لنمو النباتات هي تلك الدرجات السائدة في المواطن الطبيعية لها، ولذلك فمعظم نباتات المناطق المعتدلة تنمو بشكل جيد بين درجتي حرارة (15-25)°م، بينما تزدهر نباتات المناطق الباردة وجبال الألب في درجات تعلق قليلاً على درجة التجمد.

ومن الملاحظ، بأن النباتات تتعرض أثناء فترات نموها لمدى واسع من درجات الحرارة، لكنها لا تستطيع الاستمرار بحياتها إلا إذا بقيت هذه الدرجات ضمن حدودها الطبيعية لمعيشتها، أما إذا تجاوزت تلك الحدود ارتفاعاً أو انخفاضاً، فإن النباتات تسارع بالنضج أو تهلك، وأحياناً تدخل في فترات سكون لا تقوم خلالها بأي نشاط يذكر، تماماً كما يحدث في المناطق الجافة التي تنضب فيها مواردها المائية في فترات معينة من العام إلى حد لا تستطيع معه النباتات أن تمتص ما يعوض لها الماء الذي تفقده عن طريق النتح .

عموماً، يصعب تحديد درجة الحرارة المثلى لنمو وتطور أي نوع من الأنواع النباتية، حيث أن مختلف العمليات الحيوية التي تتم فيها تتباين في درجات حرارتها المثالية لحدوثها، وهذا ما يعلل لنا، أن درجة الحرارة المثلى للنبات لا يمكن أن تكون مجرد درجة محددة واحدة، بل مدى حراري يشغله عدة درجات.

ولكل نوع من الأنواع النباتية ثلاثة حدود من درجات الحرارة التي تؤثر على نموه وتطوره وإنتاجه، وهذه الدرجات هي: درجة الحرارة الصغرى أو الدنيا، ودرجة الحرارة المثلى، ودرجة الحرارة العظمى أو القصوى.

درجة الحرارة الدنيا : Minimum Temperature :

تبلغ درجة الحرارة الدنيا التي يستمر عندها نشاط معظم النباتات درجة حرارة تجمد الماء تقريباً، فبعض النباتات القطبية مثل نبات أقحوان المستنقعات الأصفر *Caltha* sp، تزهر بعد اختراقها لطبقات الجليد وتستمر في إزهارها بالرغم من انخفاض درجة حرارة الهواء ليلاً إلى ما دون درجة التجمد، وقد وجد كذلك، أن أنشطة بعض الطحالب البحرية قد تستمر بالرغم من هبوط درجة حرارة الماء إلى ما دون الصفر المئوي. على النقيض من ذلك، تعيق درجة الحرارة إذا انخفضت إلى (20) م من نمو النباتات الاستوائية، التي غالباً ما تهلك عند وصولها إلى (10) م. مع الإشارة إلى أن

درجة الحرارة الدنيا عند أغلب النباتات تختلف اختلافاً كبيراً باختلاف فترات العام الواحد.

تأثير درجة الحرارة الدنيا علي النباتات

تعريف اضرار البرد:

هي الاضرار التي تؤدي الي موت النباتات او اصابتها اصابة بالغة اذا تعرضت لدرجات حرارة منخفضة ولكنها اعلي من درجة التجمد.

تعريف اضرار التجمد:

هي الاضرار التي تؤدي الي موت النباتات او اصابتها اصابة بالغة يصعب معها عودتها الي حياتها الطبيعية اذا تعرضت لدرجة حرارة منخفضة دون درجة التجمد

اضرار البرد:

1. زيادة نفاذية الخلايا وبالتالي زيادة ارتشاح المواد الذائبة بمحلول الخلايا.
2. تغيير الوسط الداخلي للنباتات عن طريق تثبيط تحول المواد الايضية وتثبيط انتقالها لباقي اجزاء النبات
3. تفكك البروتين وتثبيط النشاط الانزيمي
4. تكوين مواد سامة نتيجة لاضطراب الايض

اضرار التجمد:

تكون بلورات من الجليد في المسافات بين الخلايا مما ينتج عنه تفريق وتباعد الخلايا، او في داخل الخلايا نفسها مسببا تمزق البروتوبلازم وتلف الخلايا

مقاومة الصقيع

تتميز النباتات التي تعيش في درجات حرارة منخفضة بالعديد من التكيفات الشكلية والفسولوجية التي تمكنها من مقاومة الصقيع

التكيفات الشكلية

1. الاوراق الصغيرة المزدحمة والسميكة والمغطاة بالحرشيف والشعيرات والمواد الصمغية
2. زيادة سمك القلف والادمة
3. قصر وتقرم النباتات ونموها قريبة من سطح التربة

النباتات الوسادية: نباتات غزيرة التفرع تأخذ شكلا محدبا او نصف كروي وتتشكل الاوراق والازهار في محيطها. يساعد الشكل الوسادي للنبات علي تقليل فقد الحرارة بالاشعاع العكسي وتقليل اثر الرياح والحفاظ علي الرطوبة داخل النبات

درجة الحرارة المثلى : Optimum Temperature

هي أكثر الدرجات ملاءمة لقيام النبات بمختلف وظائفه الحيوية، ومن الصعوبة بمكان تحديد درجة الحرارة المثلى لمختلف العمليات الفسيولوجية والحيوية التي تقوم بها كافة الأنواع النباتية، إذ تتوقف كل عملية من هذه العمليات على عدد كبير من العوامل الفيزيائية والكيميائية، كما أنه لا توجد درجة مثلى واحدة لجميع هذه العمليات، فالدرجة المثلى لعملية التنفس مثلاً أعلى بكثير مما هي عليه لعمليات البناء الغذائي، ولذلك فإن درجة الحرارة المثلى من وجهة النظر البيئية - وهي الدرجة التي يستطيع عندها النبات أن ينمو ويزدهر بالشكل الأمثل - لا يمكن أن تكون مجرد درجة حرارة واحدة فقط ، كما ذكرنا سابقاً، ولكن مدىً واسعاً من عدة درجات .

درجة الحرارة القصوى Maximum Temperature :

تختلف درجة الحرارة القصوى (العظمى) التي يتحملها النبات دون أن تترك فيه أي أثر من الأثار الضارة، والتي قد تتسبب في كثير من الأحيان بالقضاء عليه تبعاً لاختلاف الأنواع النباتية. هذا وقد لوحظ حدوث بعض التغيرات الفسيولوجية في الخلايا النباتية ألحقت ضرراً حقيقياً بالنباتات عند درجة حرارة مقدارها (40) م، في حين تموت كثير من الأنواع النباتية عند درجة حرارة تتراوح ما بين (45-55) م .

عموماً، فإن درجات الحرارة القصوى التي يمكن أن يتحملها النبات تختلف باختلاف الأنواع النباتية فالنباتات الاستوائية مثلاً تستطيع الحياة والقيام بمختلف عملياتها الحيوية في درجات عالية من الحرارة، التي غالباً ما تموت تحت تأثيرها معظم الأنواع النباتية الأخرى حتى وإن تعرضت لها لفترة قصيرة من الزمن.

علاوة على ذلك، فإن بعض الأطوار النباتية أقدر من غيرها على تحمل الحرارة المرتفعة أو البرودة المنخفضة على حدٍ سواء، فتبلغ المقاومة ذروتها في أطوار السكون عادة، كما وتتميز بعض الأعضاء النباتية كالبيذور والكورمات والأبصال ... بقدرتها العالية على تحمل التغيرات الحرارية خلافاً لقدرة النبات الخصري بحد ذاته، فالبيذور الجافة مثلاً يمكن أن تتحمل درجات حرارة تزيد عن (100) م، أما البيذور الرطبة التي سبق نقعها في الماء فإنها تموت عند (70) م فقط، وقد ثبت بالتجربة أيضاً، أن هناك بعض الأنواع من فطر الخميرة قادرة وهي في حالة السكون على تحمل درجة حرارة عالية وصلت إلى (110) م، وكذلك البكتيريا الساكنة (الابواغ) يمكن أن تتحمل درجة حرارة تتراوح ما بين (120) إلى (130) م.

الأضرار الناتجة عن درجات الحرارة المرتفعة

- فقدان كميات كبيرة من ماء النبات وجفافه بسبب ارتفاع معدل النتح
- عدم التوازن بين معدلي البناء الضوئي والتنفس حيث يزداد معدل التنفس بسرعة كبيرة مع زيادة درجات الحرارة عن معدل البناء الضوئي

- تكون مركبات وسطية سامة مثل النشادر
- تلف البروتوبلازم والكلورفيل وتنشيط النمو واخيرا موت النبات

النبات وآلية تحمل درجات الحرارة المرتفعة :

- يمكن لبعض الأنواع النباتية أن تتأقلم وتتكيف مع درجات الحرارة المرتفعة وذلك من خلال امتلاكها لجملة من الصفات والخواص التي تساعدها على تحمل ومقاومة هذه الدرجات العالية من الحرارة، ومن أهم هذه الصفات ما يلي :
- صغر حجم الأوراق وانخفاض مساحة الورقة المعرضة لحرارة الوسط المحيط.
 - التوضع الرأسي للأوراق والذي يؤدي إلى سقوط الأشعة الشمسية عليها بصورة مائلة، مما يقلل من مقدار تعرض النبات للحرارة المرتفعة .
 - تلون بعض الأجزاء النباتية بألوان فاتحة، مما يساعدها في عكس قسم كبير من أشعة الشمس بعيداً عن جسم النبات .
 - امتلاك أوراق بعض النباتات على طبقة كثيفة من الأوبار أو الأشعار أو الأشواك وغير ذلك من الزوائد الورقية التي تحجب وتقلل من شدة الأشعة الشمسية الواصلة إلى المسطح الخضري لأوراقها .
 - امتلاك بعض النباتات على طبقات سميكة عازلة للحرارة، كالتبقات الشمعية أو الكيتينية أو الفلينية التي تقي النبات من الحرارة المرتفعة للهواء المحيط.
 - ارتفاع محتوى الأنسجة النباتية من بعض المواد ذات الضغط الاسموزي العالي، وانخفاض محتواها المائي الذي يساعد على تقليل الأضرار الناجمة عن الحرارة الشديدة .
 - زيادة نفاذية الأغشية البروتوبلازمية.
 - تخليق المواد الغروية الماسكة للماء مثل البننوزات والاحماض العضوية والمواد المخاطية

تقسيم النباتات حسب تحملها لدرجات الحرارة

1. **النباتات المحبة للبرودة:** تضم النباتات التي تنمو وتتم دورة حياتها في اوساط تتراوح درجة حرارتها بين صفر - 20 م واي درجة حرارة اعلي من 20 م تسبب لها اجهادا حراريا.
2. **النباتات المحبة للحرارة المعتدلة:** نباتات تنمو وتتم دورة حياتها في درجات حرارة 10 – 30 م واي درجة حرارة اعلي من 35 تسبب لها اجهادا حراريا
3. **النباتات المحبة للحرارة المرتفعة:** نباتات تنمو وتتم دورة حياتها في درجات حرارة اعلي من 30 واي درجة حرارة اعلي من 45 تسبب لها اجهادا حراريا

تأثير درجة الحرارة على الغطاء النباتي :

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل التي تتحكم بمجمل الأنواع النباتية السائدة في منطقة من المناطق (والمكونة للغطاء النباتي أو الفلورا – Flora)، ولكن تحدد كمية الأمطار أيضاً طراز التكوين الذي يتكون منه هذا الغطاء النباتي، فتكوينات أراضي الحشائش أو الغابات أو الصحاري تعتمد بشكل أساسي على كمية الأمطار التي تتلقاها .

وقد توجد هذه التكوينات في سائر المناطق الحرارية على سطح الكرة الأرضية، ولكن الأنواع النباتية المكونة لكل طراز من هذه الطرز - كالغابات مثلاً - تختلف كثيراً من منطقة إلى أخرى على نحو ما يكون الخلاف بين غابات المناطق الحارة وغابات المناطق الباردة .

الرطوبة الجوية

الرطوبة الجوية هو ذلك الماء الموجود عادة في الهواء على هيئة بخار، ونظراً للطبيعة الغازية للهواء الذي يوجد فيه بخار الماء، فإن توزيعه فيه يكون أكثر انتظاماً وتجانساً من توزيعه في التربة، غير أن كمية بخار الماء الموجودة في الهواء تكون عرضة للكثير من التقلبات نظراً لوجوده في مجال رحب فسيح ومنتسح.

كما وتختلف رطوبة الهواء عن ماء (رطوبة) التربة، كون هذا الأخير غير ميسر للنبات بشكل دائم، في حين نجد أن رطوبة الهواء متاحة على الدوام وذات تأثير مباشر على النبات.

وتعتبر الرطوبة من العوامل المناخية الهامة التي تؤثر مباشرة على معدل وشدة نتح النباتات، وبالتالي على مدى تباين توزيع وانتشار مختلف الأنواع النباتية ومقدار تنوعها، لذلك غالباً ما يتحدد نمو أي نبات أو عدم نموه في بيئة ما بكمية الماء التي يفقدها، فتصبح الرطوبة بذلك عاملاً محدداً لتوزيع النبات واختلاف مكوناته.

1- أشكال الرطوبة :

1-1 الرطوبة المطلقة Absolute Humidity :

وهي الكمية الفعلية من بخار الماء الموجودة في الهواء، ويعبر عنها بوزن بخار الماء الذي يحتويه (1) متر مكعب من الهواء. وليس لهذه الرطوبة أي دلالة، أو أي أهمية بيئية مؤثرة على الأنواع النباتية المختلفة.

2-1 الرطوبة النسبية Relative Humidity :

وهي عبارة عن النسبة المئوية بين كمية بخار الماء الموجودة فعلاً في واحدة الحجم من الهواء عند درجة حرارة وضغط جوي معينين، وبين كمية بخار الماء اللازمة لإشباع هذه الوحدة الحجمية تحت ظروف مماثلة، ويعبر عنها عادةً كنسبة مئوية (%). فمثلاً، (50%) رطوبة نسبية تعني أن الهواء يحتوي فقط على نصف الكمية من بخار الماء اللازمة ليصل إلى درجة التشبع أو الإشباع (100%).

والرطوبة النسبية هي التي تحدد فيما إذا كان الجو جافاً أم رطباً، فقد تكون الرطوبة المطلقة في إحدى الصحارى مساوية بكميتها لمنطقة ما من تلك المناطق التي تعتبر رطبة بحد ذاتها، ولكن الرطوبة النسبية تختلف فيما بينهما اختلافاً كبيراً، والملاحظ بأن زيادة درجة حرارة الهواء تساعد في زيادة قدرته على حمل الرطوبة "حمل بخار ماء" بشكل أكبر، فقد وجد أن السعة الحمولية للهواء تتضاعف عند كل زيادة في درجة حرارته مقدارها (11) درجة مئوية، وكلما انخفضت الرطوبة النسبية زادت السرعة التي يتبخر بها الماء من الورقة الناتحة أو من سطح التربة المبلل. ومن الملاحظ أيضاً، أن رطوبة الغابات تكون عادة مرتفعة وقد تتراوح نسبة الرطوبة فيها ما بين (80-100%) وخاصة عقب هطول الأمطار، بينما تنخفض الرطوبة في الصحاري وأراضي المواقع البيئية الجافة لتصل إلى (15%) أو أقل. عموماً، تتميز المناطق الساحلية والمنخفضات بأنها أكثر رطوبة من المناطق الداخلية والمرتفعات، وترتفع الرطوبة النسبية في أي موقع بيئي لتصل فيه إلى درجة التشبع أو لدرجة قريبة منها وذلك عقب هطول الأمطار وعند وجود الضباب، ولكنها تبدأ بالتناقص التدريجي بعد انتهاء الهطل وبدء سطوع الشمس.

2- الرطوبة الجوية وأهميتها للنبات :

وتظهر هذه الأهمية من خلال النقاط التالية :

- أ- تؤدي زيادة الرطوبة في الهواء إلى انخفاض معدلات النتح لكافة الأنواع النباتية.
- ب- تؤدي زيادة الرطوبة في الهواء إلى انخفاض معدل تبخر الماء من سطح التربة .
- ج- تعتبر الرطوبة الجوية مصدراً هاماً لرطوبة التربة نتيجة لاحتكاك الهواء الرطب مع سطوحها العلوية.
- د- إمكانية الاستفادة المباشرة لبخار الماء الموجود في الهواء من قبل بعض الأنواع النباتية.

3- تقسيم النباتات حسب تكيفها لعامل الرطوبة :

تقسم الأنواع النباتية حسب احتياجاتها المائية وتكيفها للرطوبة إلى المجموعات التالية:

3-1-1-3- النباتات المائية Hydrophytes :

وهي نباتات تعيش ضمن الأوساط المائية المختلفة مثل البرك والمستنقعات والبحيرات العذبة وعلى جوانب الأنهار ذات التيارات المائية البطيئة، وفي الترع والمصارف وفوق الأراضي المشبعة بالماء لتنمو إما مغمورة تحت سطح الماء، أو طافية على سطحه، أو في تلك الأوساط البيئية المشبعة بكميات كبيرة من الماء، وهي تتمتع بمجموعة من الخصائص التي تساعدها على التأقلم مع بيئاتها المائية تتمثل بما يلي:

- جذورها سطحية بسيطة قليلة التفرع لضعف الحاجة لها .
- غياب الأنسجة الدعامية .
- أنسجتها النباتية ذات طبيعة إسفنجية لتسهل التبادلات الغازية .
- لا تقوم ثغورها بالتنفسية بوظائفها في عمليات الفتح والإغلاق بالشكل الأمثل .
- لا تحتوي على طبقة كيتينية كثيفة .

ويمكن تقسيم النباتات المائية حسب مكان نموها وانتشارها إلى ثلاثة أقسام هي:

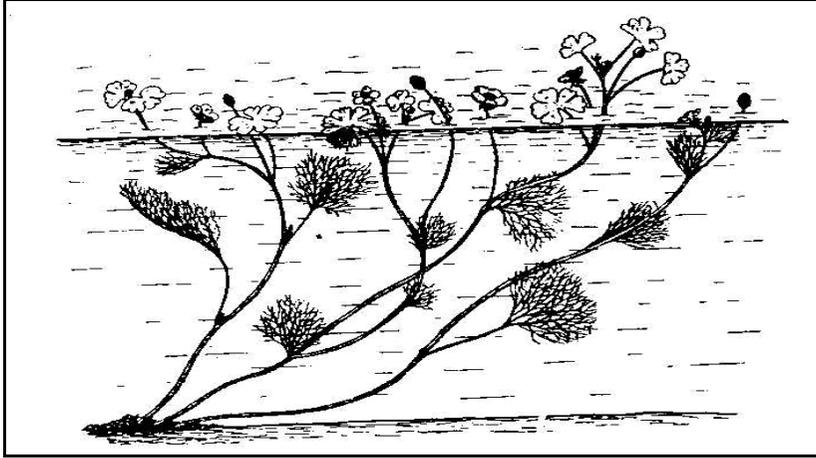
3-1-1-3- النباتات المغمورة Submerged plants :

تعيش هذه النباتات وهي مغمورة بالكامل تحت سطح الماء، ومنها ما يبقى بحالة معلقة داخل الماء دون أن تتصل بالقاع كبعض أنواع الطحالب البنية، ومنها ما يقوم بتثبيت جذوره في القاع الطيني، وأكثر ما تعانيه النباتات المغمورة بشكل عام هو صعوبة الحصول على حاجتها من الأكسجين من الوسط المائي المحيط بها، ومن أمثلتها الطحالب البنية، نبات الإلوديا *Elodea sp*، نبات حامول الماء *Urticularia sp*.....، وغيرها من النباتات الأخرى.

3-1-2-2- النباتات الطافية Floating plants :

وهذه النباتات تطفو بحرية تامة على سطح الماء، وبعضها يتصل بالقاع ويثبت جذوره في القاع الطيني، ولا يطفو منها سوى الأوراق والأزهار. وتستطيع هذه

النباتات والتي عادة ما تتميز بسرعة نموها أن تغطي مساحات شاسعة من المسطح المائي خلال فترة زمنية قصيرة، ومن أمثلتها أنواع عدس الماء، والياسنت المائي، ونبات الأقحوان المائي (الشقائق المغمورة) الظاهر في الشكل التالي رقم (11)، وأنواع السراخس المائية وغيرها من الأنواع الأخرى.

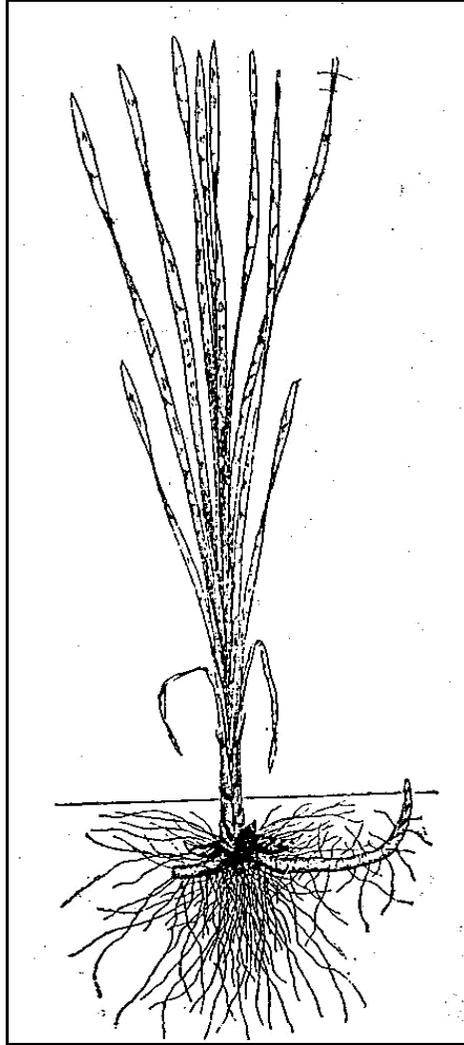


الشكل (11) – نبات الأقحوان المائي (الشقائق المغمورة) أوراق النبات المغمورة داخل الماء تبدو شعيرية، وتلك الظاهرة فوق سطح الماء تبدو دائرية مفصصة .

3-1-3- النباتات البرمائية : Amphibious plants

وتدعى أيضاً بنباتات المستنقعات Marsh or Swamp plants، تتميز هذه النباتات بازدهارها في المياه الضحلة قليلة العمق، وهي تثبت جذورها في التربة الطينية، وترسل فروعاً نباتية طويلة تمتد عالياً في الهواء لمسافة بعيدة فوق سطح الماء، وتنتشر هذه النباتات بكثرة على جوانب الترع والأنهار وفي مختلف البقاع التي تتميز بمياه ضحلة وكذلك في بعض الأماكن التي تتعرض لاختلاف منسوب الماء فيها، وهي أماكن يغمرها الماء في بعض الأوقات وينحسر عنها في أوقات أخرى، وقد كيفت هذه النباتات نفسها على تحمل هذه الظروف المتباينة، ولهذا السبب سميت

بالنباتات البرمائية، ومن أشهر أمثلة هذه النباتات نبات البردي *Cyperus papyrus*، والديس *Typha latifolia* الشكل رقم (12)، وغيرها.



الشكل (12) - نبات الديس (*Typha latifolia*) ، وهو نبات برمائي .

3-2- النباتات الجفافية Xerophytes :

وهي تلك النباتات التي تنمو في تربة خالية من الماء حتى عمق (20) سم، كما وتدعى أحياناً بنباتات البيئة الجافة، ويمكن أن نميز منها الأنواع التالية :

نباتات حولية قصيرة الأجل "موسمية": وهي تلك الأنواع النباتية التي تستغل فترة هطول الأمطار لتبدأ بالنمو، حيث تتم دورة حياتها خلال هذه الفترة المطرية القصيرة والتي لا تتعدى غالباً عن (10) أيام، فهي تظهر مع بدء الأمطار الموسمية، وتختفي مع انتهائها.

نباتات معمرة: وتتمتع هذه النباتات بقدرتها العالية على البقاء والنمو والتكاثر في مواقع انتشارها لعدة أعوام ولفترات زمنية طويلة طالما بقيت الظروف المحيطة بها مناسبة لحياتها، وأغلبها له القدرة على الاحتفاظ بإمكانية تجديد نموها على الرغم من هلاك أعضائها الهوائية، وذلك عن طريق أعضائها الأرضية الموجودة تحت سطح التربة (مثل: الريزومات والأبصال والدرنات الخ)، والتي تخزن كميات كبيرة من الغذاء لتبقى ساكنة وبحالة سليمة محتفظة بقدرتها على الإنبات والنمو مجدداً فور تحسن الظروف الخارجية المحيطة بها.

ويمكن تقسيم النباتات المعمرة إلى :

* **نباتات معمرة عسارية**: تتميز بقدرتها على تخزين كميات كبيرة من الماء والغذاء لتستعمله خلال فترات الجفاف من نفس العام أو في الأعوام القادمة.

* **نباتات معمرة غير عسارية**: وتمتلك هذه النباتات لمجموعة من المميزات والخصائص التي تساعدها على التكيف مع عوامل الجفاف تتمثل بما يلي:

(1) جذورها تنمو عميقاً تحت سطح التربة وتفرع بشدة في جميع الاتجاهات لتساعدها في البحث والوصول إلى الماء الذي يندر وجوده في التربة الجافة.

(2) أوراقها مفصصة صغيرة الحجم، جلدية أو حرشفية لتقليل فقد الماء منها بالنتح.

(3) تساقط الأوراق بشكل كلي أو جزئي بوقت مبكر من عمر النبات، وذلك للتقليل

من مساحة المسطح الورقي المعرض لعملية فقد الماء عن طريق النتح.

- (4) إلتواء وإلتفاف الأوراق حول ذاتها لتخفيف شدة تعرضها لأشعة الشمس، مما يقلل فقد الماء منها عن طريق النتح أيضاً.
- (5) قدرتها على إغلاق ثغورها التنفسية خلال فترات النهار.
- (6) ترسيب طبقات من الكيتين على سطح الأوراق للتقليل من شدة النتح.
- (7) تقوم بخفض الجهد الاسموزي لخلاياها، كي ترفع من قدرتها الامتصاصية للماء من التربة الجافة .

3-3- النباتات الوسطية Mesophytes :

وهي نباتات لا تنمو في بيئات متطرفة، ولا تحتاج لتكيفات أو متطلبات بيئية معينة.

4- تأثير عوامل البيئة على الرطوبة الجوية:

تتأثر الرطوبة الجوية كثيراً بمختلف العوامل البيئية والتي نخص منها ما يلي:

4-1- درجة الحرارة Temperature:

فارتفاع درجة الحرارة يرفع السعة المائية (السعة الحمولية) للهواء، أي تزداد كمية بخار الماء اللازمة لإشباع حجم معين منه، فتتخفض الرطوبة النسبية للهواء، أما في درجات الحرارة المنخفضة فإن الهواء يتسع لقدر أقل من بخار الماء اللازم لإشباع حجم معين منه وبذلك ترتفع الرطوبة النسبية له، وفي ذلك تفسير لزيادة كمية الأمطار على سفوح الجبال المواجهة للرياح تبعاً للارتفاع، إذ إن درجة الحرارة تنخفض بالارتفاع فيؤدي انخفاضها إلى ارتفاع الرطوبة النسبية حتى تصل إلى درجة التشبع، فتصبح الظروف مهيأة أكثر لهطول الأمطار. وتنخفض الرطوبة النسبية أثناء النهار مع ارتفاع درجة الحرارة، كما ترتفع أثناء الليل مع برودة الهواء، أي أن عاملي درجة الحرارة والرطوبة النسبية، يتغيران في اتجاهين متضادين، وقد يصبح الهواء مشبعاً بالماء إلى حد تكاثف الندى أثناء الليل حتى في الطقس الجاف نسبياً إذا

هبطت درجة الحرارة ليلاً بمقدار كبير، ويزداد النتح من النبات وأيضاً التبخير من التربة إذا ارتفعت درجة الحرارة، وذلك نتيجة لما يسببه العامل الأخير من انخفاض في الرطوبة النسبية للهواء المحيط بالنبات والتربة. وهناك عادة حد يومي أقصى تصل فيه الرطوبة إلى أعلى قيمة لها هو قرب شروق الشمس (قبيل موعد شروق الشمس)، بينما تصل إلى حدها الأدنى في فترة ما بعد الظهيرة بين الساعة (2-3) من بعد الظهر، أي في عكس الأوقات التي يحدث فيها الحدان الأقصى والأدنى لدرجات الحرارة.

4-2- الرياح Wind :

للرياح تأثيراً بالغاً على رطوبة الهواء، فالرياح الجافة تنقص من الرطوبة لإزاحتها للهواء الرطب المحيط بالنبات وإحلالها للهواء الجاف محله، وهذا ما يفسر احتفاظ الهواء الملامس للنباتات برطوبة منخفضة نسبياً، وفي ذلك تنشيط لعملية النتح. وقد لوحظ، أن النتح يزداد كثيراً كما ويضعف نمو النباتات على السفوح الجبلية المواجهة للرياح، لذلك لا تنمو الغابات على تلك السفوح ويقتصر وجودها على السفوح البعيدة عن الرياح. أما الرياح الرطبة فهي ذات تأثير مضاد، فالرياح القادمة عبر المسطحات المائية الواسعة والمشبعة بالرطوبة العالية قد تسمح - عند استمرار وتكرار هبوبها - بنمو نباتات وسطية في مناطق لولاها لما أنتجت هذه المناطق غير نباتات جفافية.

4-3- التعرض للشمس Sun Effect ؛ Sun exposure :

التعرض للشمس يقلل من الرطوبة والعكس صحيح، لذلك نجد أن رطوبة السفوح الجنوبية التي تتميز بشدة تعرضها للأشعة الشمسية وللرياح الجافة أقل من رطوبة السفوح الشمالية، مما يجعل هذه الأخيرة أوفر حظاً وأكثر ملائمة - بسبب رطوبتها

المرتفعة - لنمو وازدهار أنواع مختلفة من النباتات بالمقارنة مع السفوح الجنوبية التي يظهر فيها دور عامل الرطوبة كعنصر محدد لنمو وتطور الأنواع النباتية المختلفة. وبذلك، يظهر لدينا هنا وبشكل واضح آلية تضافر كل من عملي التعرض للشمس والرياح الجافة على خفض الرطوبة النسبية في بيئة السفوح الجنوبية، مما يجعلها أقل ملائمة لنمو النباتات بالمقارنة مع السفوح الشمالية.

4-4- الغطاء النباتي The Vegetation :

يعمل الغطاء النباتي على زيادة رطوبة الهواء المحيط به بإضعافه من تأثير درجة الحرارة وشدة الرياح، وكذلك عن طريق تزويده للهواء ببخار الماء الذي ينطلق من سطوح نباتاته خلال عملية النتح، ولما كان الغطاء النباتي ينتج كميات وفيرة من الماء فإن الرطوبة النسبية بين النباتات وفوقها مباشرة تكون أعلى مما هي عليه فوق أرض جرداء غير مكسوة بالخضرة أو فقيرة بالنباتات.

4-5- المحتوى المائي للتربة Soil-Water Content :

يساهم تبخر الماء من سطح التربة الرطبة في رفع الرطوبة الجوية للهواء المحيط به، ويلاحظ ذلك بشكل واضح في الغابات والأحراش حيث تحجب نباتاتها أشعة الشمس والرياح عن سطح الأرض، ويكون الهواء القريب من سطح الأرض عادة أكثر رطوبة من الهواء البعيد عنها والذي يوجد في مستوى هامات الأشجار المعرضة بشكل مباشر لأشعة الشمس والرياح .

الهطول

الهطول هو حالة تساقط مياه من السماء على هيئة سائلة مثل (الأمطار والندى)، أو على هيئة صلبة (مثل الثلوج والبرد) .

1- الأمطار Rainfall :

يعتبر المطر من أهم العوامل التي تؤثر على نمو وتوزيع وكثافة النبات والغطاء النباتي في مختلف أصقاع سطح الكرة الأرضية، وعلى مدى فصول السنة، حيث يمكن معرفة نوعية الغطاء النباتي في منطقة ما من مناطق العالم عن طريق معرفة كمية الأمطار السنوية التي تهطل على تلك المنطقة.

1-1- العلاقة بين الأمطار والمحتوى المائي للتربة :

توجد علاقة وثيقة بين كمية الأمطار والمحتوى المائي للتربة أساسها أن الأخير يتوقف مقداره على كمية الأمطار الساقطة وأنواع التكاثر الأخرى (الندى - الثلج)، وهذا ينطبق في جميع البيئات فيما عدا تلك التي تعتمد على مورد ثابت من مياه الأنهار أو الينابيع أو البحيرات العذبة، وتتوقف الكمية التي تمتصها التربة من مياه الأمطار على نوع التربة وتركيبها وغطائها النباتي ودرجة انحدارها، ويبلغ المحتوى المائي للتربة أقصاه عقب هطول المطر مباشرة، ويقل خلال فصل الجفاف مع توقف الهطل، بيد أن الزيادة في المحتوى المائي للتربة لا تتناسب في معظم الأحيان مع كمية الأمطار التي تهطل عليها، وذلك لأن المطر الخفيف إذا هطل على تربة جافة دافئة فإنه يتحول كلياً إلى بخار ماء في ساعات قليلة، وبذلك لا يكون له تأثير يذكر على المحتوى المائي للتربة، كما أن المطر الغزير يكون في الغالب قصير الأمد يفقد معظمه بالانسياب السطحي ولا يتغلغل إلى داخل التربة إلا القليل منه، والأمطار التي تهطل في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية غالباً ما تكون على هاتين

الصورتين (خفيفة وقصيرة تارة، أو غزيرة وأنيبة تارة أخرى)، فإذا قلت كمية الأمطار عن (3-4) ملليمترات، فإنها تكون قليلة الأثر في زيادة المحتوى المائي للتربة، ليقصر دورها على تبليل وترطيب سطح التربة فقط، وبخلاف ذلك كلما كان المطر بطيئاً ومعتدلاً وطويل الأمد، كلما زادت كمية المياه التي تتشربها التربة، كما أنه كلما زاد المقدار الكلي لماء المطر الذي يهطل خلال فترة معينة أو فصل معين، كلما زادت من فرص تغلغله إلى العمق الذي لا يتأثر عنده بعوامل التبخر السطحي، وعلى عكس ذلك في الأجواء (البيئات) الجافة حيث لا تكون للأمطار الشحيحة والمتباعدة أي قيمة تجميعية في التربة، فكلما طال الجفاف واشتدت وطأته زادت كمية الأمطار اللازمة لإشباع التربة، كذلك تحدد شدة عوامل التبخر خلال الفترة التالية لموسم الأمطار طول الفترة التي يظل فيها المحتوى المائي للتربة ملائماً لنمو النبات بعد انقطاع (احتباس) المطر عنها.

وللتوزيع الموسمي للأمطار أثر كبير على المحتوى المائي للتربة، وكذلك على الغطاء النباتي الذي تحمله، فعندما تكون كمية الأمطار غزيرة وموزعة بانتظام على مدار موسم النمو، تستمر النباتات بازدهارها ويبقى الغطاء النباتي كثيفاً، أما إذا كان المطر قليلاً ومتقطعاً فإن النباتات السائدة تزهر وتنمو في أسابيع قليلة، ثم تنوي لیسود الجذب والقحط من بعدها.

كما وتتوقف كمية مياه الأمطار التي تفقد بالانسياب السطحي أساساً على مقدار المطر الكلي، وكذلك على نوع الغطاء النباتي، ونوع التربة، ودرجة انحدارها، ويكون الانسياب عادة على أشده عندما تهطل أمطار غزيرة فجائية، أو تهب عواصف مطرية تستمر لفترة قصيرة، أو عندما تهطل على منحدرات عارية من النبات تماماً، أو مغطاة ببضع نباتات قصيرة ومنفرقة، ففي جميع هذه الحالات لا تستطيع التربة أن تمتص الماء بالسرعة الكافية لاستيعاب ماء المطر جميعه، خاصة إذا كانت كمية الدبال الذي يغطي سطحها قليلة، وكانت التربة نفسها ثقيلة متماسكة دقيقة الحبيبات، أما إذا كان المطر معتدلاً واستمر لفترة طويلة وسادت في موسمه رطوبة جوية عالية

ودرجة حرارة منخفضة وانحدار مناسب لسطح التربة، فإنه يكون أكثر كفاءة من الأمطار الفجائية الشديدة الغزارة في تعزيز المحتوى المائي للتربة. وغالباً، ما يكون الانسياب السطحي قليلاً في الغابات، وذلك لأن الأشجار تستقبل الأمطار فتبددها كما تبددها النباتات النامية تحت طبقة الأشجار وكذلك المواد الدبالية المتجمعة في القاع أسفل الغطاء الغابوي، لتعمل كل هذه العوامل مجتمعة مع بعضها البعض على التخفيف من حدة الأمطار التي تهطل على سطح أرض الغابة، وبالتالي الإضعاف من سرعة انسيابها السطحي لتصبح أكثر فائدة للتربة والنبات على حدٍ سواء.

1-2- الأمتار والحالة النباتية :

يهدف الاقتصاد المائي للنبات إلى إيجاد حالة من التوازن ما بين موارده المائية المتاحة وكمية المياه التي يفقدها عن طريق النتح، أي إلى جعل النتح مساوياً للامتصاص، ويحصل النبات على ما يحتاج إليه من ماء عن طريق المطر والندى، وتعتبر طريقة توزع الأمطار في فترات العام الواحد من أهم العوامل في تحديد الصفات العامة والمظاهر الموسمية للغطاء النباتي، فكلما طال فصل الجفاف تعجل النبات بإنهاء دورة حياته خلال الفصل المطير وقبل أن يدركه فصل الجفاف، ولهذه الحالة المناخية أثرها الواضح في الحالة النباتية (الغطاء النباتي) للمنطقة، إذ يترتب عليها تحديد مظهرين واضحين للغطاء النباتي، أحدهما في الفصل المطير، وفيه تزداد التغطية النباتية كثيراً بسبب وفرة الأمطار، حيث تكثر فيه النباتات الحولية وتحت الحولية الموسمية، والمظهر النباتي الآخر في الفصل الجاف، وفيه تنخفض التغطية النباتية ويصبح الغطاء النباتي أقل غناءً بالأنواع النباتية، حيث تختفي النباتات الحولية لاحتباس المطر لتحل مكانها النباتات المعمرة. وفيما يلي نذكر أهم العوامل المؤثرة على كمية الماء التي يمتصها النبات من التربة، والتي تتلخص بالنقاط التالية :

(1)- وفرة الماء .

(2)- طبيعة المجموع الجذري .

(3)- خصائص التربة .

(4)- درجة حرارة التربة .

(5)- التوصيل المائي .

أما العوامل المحددة لكمية الماء التي يفقدها النبات، فيمكن حصرها بما يلي :

(1)- النوع النباتي وطبيعة تركيب أوراقه .

(2)- عدد وحجم ومكان توزع الثغور التنفسية .

(3)- درجة تشبع النسج النباتية بالماء .

(4)- كمية الإشعاع الشمسي وشدة الضوء .

(5)- الرطوبة النسبية للهواء المحيط بالنباتات .

(6)- الفروقات الحرارية ما بين درجة حرارة النبات والهواء المحيط به .

(7)- سرعة الرياح وطبيعتها .

3-1- اضرار الأمطار الغزيرة Hazardous Effect of Torrents :

للسيول والأمطار الغزيرة اضرار كثيرة على الوسط البيئي، فهي تغرق حبيبات التربة الناعمة وتحولها إلى طين رخو لا تستطيع أن تستقر عليه النباتات أو تثبت جذورها فيه، كما تنزع عن التربة غطائها النباتي وتكتسح ما يغطيها من دبال، كذلك تجرف السيول والأمطار الغزيرة التي تهطل على المنحدرات الطبقة السطحية للتربة وما تتضمنه هذه الطبقة من بذور ووحدات تكاثرية مختلفة للعديد من الأنواع النباتية، وما يتخلف من هذه البذور ينبت ضعيفاً على بقايا التربة المتآكلة التي خلت من المادة العضوية (الدبال)، فتتعرض البادرات النامية من هذه البذور للغرق في فصل الأمطار، وللذبول في فصل الجفاف مما يقلل من فرص ثباتها واستقرارها.

4-1- أهمية الأمطار في المناطق الصحراوية :

لعامل الأمطار أهمية كبيرة في المناطق الصحراوية. ولما كانت الأمطار قليلة ونادرة في الصحارى، فإن ازديادها عن المعدل المعتاد في سنة من السنين يكون له بالغ الأثر في ازدهار الحالة النباتية وازدياد التغطية وكثافة الغطاء النباتي.

2- الندى The Dew :

يعتبر الندى مورداً أساسياً وهاماً للأشن والحزازيات وغيرها من النباتات اللازهرية، فقد وجد أن بعض الحزازيات يزداد محتواها المائي من (2-30%) من الوزن الجاف أثناء النهار إلى 100% بعد ليلة غزيرة الندى، وفي حالات أخرى كانت الزيادة أكثر من ذلك. ويعتقد كثير من العلماء أن النباتات تحت الحولية (الموسمية) والحولية وثنائية الحول تستطيع أن تعيش على الندى وحده، ويمتاز الندى على المطر بانتظام سقوطه، ويرى بعض العلماء أن أوراق الكثير من النباتات الوعائية تستطيع أن تمتص بعض الندى المتكاثف على سطوحها الورقية عن طريق الأدمة، كما أن بعض الأشجار تمتص الندى من خلال القلف، على أن الندى يكون دائماً من القلة في المناطق المعتدلة والجافة لدرجة أنه لا يمكن أن يساهم بشيء يذكر في زيادة المحتوى المائي (الرطوبي) للتربة، وهو مع ذلك يعمل بتبخره على زيادة الرطوبة الجوية، فيقلل بذلك تبخر الماء من التربة ومن النباتات لفترة من الوقت.

ويعتبر الندى نوعاً من أنواع **التكاثف** الذي يتعرض له بخار الماء الجوي، ولا يستلزم تكاثف الندى دائماً أن يكون الهواء مشبعاً بالبخار، فقد يتسبب (يتكاثف) الندى من هواء جوي رطوبته النسبية لا تتجاوز 60% فقط، وتعتمد العملية في جوهرها على وجود فرق في درجة الحرارة بين السطح الذي يتكاثف عليه الندى والهواء الملامس لهذا السطح .

2-1- مواعيد تكاثف الندى :

يبدأ تكاثف الندى عادة بعد الغروب، ويتوقف في الصباح الباكر عند (قبيل) الشروق، وقد يتأخر بدءه إلى منتصف الليل أو بعده حتى قرب الفجر، وقد تطول مدته أو تقصر حسب الظروف الجوية، ففي الليل تهبط درجة حرارة سطح الأرض أكثر من درجة حرارة الهواء الملامس لها، مما يساعد على تكاثف الندى ليلاً على سطح الأرض. كما أن الندى يظل مغطياً لسطوح النباتات وأوراقها لمدة تتباين في الجهات المختلفة، وليس مصدر الندى المتكاثف على سطح الأرض هو بخار الماء الجوى وحده، بل أن جزءاً منه يأتي أيضاً من ماء التربة الذي يصعد إلى سطحها تبعاً للخاصية الشعرية، كما أن سطح الأرض إذا كان مبللاً فإنه يكون مصدراً أساسياً لبخار الماء الذي تحويه الطبقات السفلى من الهواء الجوى .

2-2- أهمية الندى :

يعتبر الندى مورداً هاماً لزيادة رطوبة الجو نتيجة لتبخره من على الأسطح التي يتشكل عليها، كما إنه يساهم بطريقة غير مباشرة في رفع المحتوى الرطوبي للتربة التي يتكاثف عليها، كونه يعمل على خفض معدل تبخر الماء منها أو من النباتات النامية فوقها.

ويذهب البعض إلى اعتبار الندى مورداً من أهم موارد الماء للنباتات وخاصة في المناطق الصحراوية، كما ويساعد على تلطيف الجو فيها، فقد تكون كميته معادلة لكمية الأمطار الهائلة في مثل تلك المناطق، أما في المناطق ذات المناخ المعتدل حيث تهطل كمية مناسبة من الأمطار، تكون كمية الندى قليلة إذا ما قورنت بما يهطل فيها من أمطار.

وتختلف نسبة الندى إلى المطر في البقاع المختلفة من العالم، ففي بعض المناطق قد يرتفع معدل الندى ليصل إلى 50 مم سنوياً، بينما لا يتجاوز المعدل السنوي للأمطار فيها عن 30 مم.

ويمتاز الندى عن المطر في أنه لا يتعرض للتسرب أو الانسياب السطحي الذي يتعرض له المطر، ولو أنه كالمطر يتعرض للتبخر، وفي المناطق الجافة لا تسمح كمية الندى الضئيلة بتغلغله في التربة إلى أعماق كبيرة ولا يتعدى أثره الطبقة السطحية منها. وبشكل عام، مهما كانت غزارة الندى كبيرة فإنه لا يستطيع أن يتعمق في التربة إلا لمسافة محددة لا تتجاوز في كثير من الأحيان عن 10 سنتيمترات فقط .

3-2- علاقة الندى بالنبات :

- أ- يعمل الندى على موازنة المحتوى المائي داخل الأنسجة النباتية، وذلك بتعويض ما يفقده النبات من ماء عن طريق النتح.
- ب- تمتصه النباتات ذوات الجذور السطحية، التي لا يزيد عمق جذورها عن 10 سم.
- ج- تمتصه جذور وأوراق النباتات العالقة، التي تعيش على فروع وأغصان الأشجار الكبيرة في الغابات.
- د- يعمل على زيادة رطوبة الهواء، فيساعد بطريقة غير مباشرة على خفض كمية الماء التي يفقدها النبات عن طريق النتح.
- هـ- لا يمكن أن تعتمد عليه النباتات المستديمة (المعمرة) وتعتبره مصدراً أساسياً للماء عندها، لكن قد تعتمد عليه بعض النباتات الحولية والنصف حولية كأحد مصادر الماء الهامة لحياتها.

الرياح

تعتبر الرياح أحد العوامل البيئية الهامة، ويظهر تأثيرها بشكل واضح خاصة في السهول وشواطئ البحار ومرتفعات الجبال، وهي تؤثر على النباتات وعلى مواقعها البيئية التي تنمو فيها تأثيراً مباشراً بتنشيط التبخر والنتح مما يؤدي إلى ازدياد فقد الماء من النبات والتربة على حدٍ سواء، كما وتعتبر الرياح عاملاً هاماً من عوامل الحت والتعرية نتيجة لتأثيراتها الميكانيكية والتآكلية لسطح التربة، وهي تلحق العديد من الأضرار بالنباتات، إضافة إلى كونها تحمل الكثير من الفوائد إليها بمساعدتها على التلقيح وانتشار البذور والثمار، مؤثرة بذلك على درجة تباين النبات وتوزعه. وهناك تأثيرات أخرى غير مباشرة للرياح، كتأثيرها على الرطوبة النسبية عن طريق نقلها لكتل الهواء الساخنة أو الباردة من مكان لآخر، وتحريكها للضباب والسحب التي تؤثر في كلٍ من الرطوبة وشدة الضوء، كما تغير الرياح أيضاً من درجة الحرارة على شواطئ البحار وتخلط الهواء الرطب بالهواء الجاف. تتوقف سرعة الرياح على عدد كبير من العوامل من بينها العوامل الطبوغرافية، والقرب أو البعد من سواحل البحار، وقد لوحظ بأن سرعة الرياح تزداد بانتظام كلما ازداد ارتفاع الموقع عن سطح البحر، وهذا ما يفسر خلو قمم الجبال العالية من النباتات في غالب الأحيان بسبب تعرضها للرياح ذات السرعة المتطرفة .

1- أضرار الرياح:

يمكن التعرف على مجمل الأضرار التي تسببها الرياح من خلال النقاط التالية:

1-1 التجفيف ; Drying :

تعمل الرياح على زيادة معدل التبخير بإزاحتها لطبقات الهواء الباردة وللرطوبة المتجمعة حول الأسطح النباتية، كذلك تنثى الرياح الأوراق مسببة تقلصاً وانقباضاً متعاقبين في الفراغات البيئية فتؤدي إلى طرد الهواء المشبع بالماء خارج الأوراق

ودخول هواء جاف مكانه، كما أن الثغور التنفسية تغلق عادة عندما تزداد سرعة الرياح كثيراً وبذلك يصبح النتح كله نتح أدمي، هذا ويؤدي استمرار هبوب الرياح الجافة على النبات إلى القضاء عليه بشكل كلي خلال ساعات قليلة بسبب زيادة معدل النتح عن معدل الامتصاص، حيث يصبح من الصعب على النبات أن يحتفظ بالتوازن المائي داخل أنسجته .

ونتيجة اختلال هذا التوازن المائي، تتعرض النباتات للجفاف الذي يظهر على شكل تموت في الأوراق الفتية والنموات الحديثة، وقد لوحظ أنه كلما زاد ارتفاع النبات وكبر حجمه كلما زاد تعرضه لعوامل الجفاف، أما النباتات القصيرة فإن تضررها بالرياح يكون أقل، وأكثر صور الحياة ملائمة للنباتات المعرضة للرياح الشديدة هي النباتات الوسادية .

*** تعريف النباتات الوسادية Cushion plants :**

هي نباتات قصيرة القامة غزيرة التفرع تحتضنها التربة، حيث لا يتجاوز ارتفاعها عن سطح التربة إلا بضعة سنتيمترات. ويؤدي تعرض بعض النباتات القائمة إلى الرياح الشديدة المستمرة إلى تحورها بشكل تدريجي إلى مثل هذه الصورة من النباتات الوسادية.

2-1- التقزم Dwarfing :

لا يحدث التقزم في النباتات إلا عند تعرضها للرياح الشديدة والجافة التي تهب عليها بصورة مستمرة تقريباً خلال الفترة التي تنمو فيها خلاياها الجنينية الحديثة التشكل، وينشأ التقزم نتيجة اختلال التوازن المائي للأنسجة النباتية الفتية، الذي يظهر على شكل ضعف في نمو وتكوين الأعضاء النباتية الحديثة التشكل المترافق مع اختزال واضح في أحجامها، حيث لا تصل الخلايا الحديثة التكوين إلى حجمها الطبيعي بسبب عدم امتلائها بالماء الكافي الذي يتصاحب بانخفاض كبير في مادتها الجافة، فتبدو النباتات منقزمة صغيرة الحجم، وقد يبلغ هذا التقزم عند بعض الأشجار حداً لا يزيد

فيه حجم الشجرة التي تبلغ من العمر قرناً كاملاً عن حجم شجيرة صغيرة. عموماً، ينطوي التقزم على نقص كبير في كمية المادة الجافة المنتجة، كما قد يصاحبه عادة زيادة في عدد الأفرع الثانوية.

3-1- التشويه Deformation :

عندما تتعرض الأعضاء الخضرية الفتية لرياح شديدة دائمة تقريباً تهب عليها من اتجاه ثابت ولفترات زمنية طويلة نسبياً، فإن شكل هذه الأعضاء وطريقة توزيعها على النبات الأم قد يتغير تغيراً مستديماً ويسمى ذلك بالتشويه. وغالباً ما يترافق هذا التشوه بحدوث تفرعات غير منتظمة للنبات، ليقترن نمو هذه التفرعات على الجهة البعيدة عن اتجاه الرياح السائدة، ولا يشترط أن يكون التشوه مصحوباً دائماً بالتقزم، وذلك لأن الرياح الرطبة يمكن أن تحور شكل المجموع الخضري دون أن تختزل حجمه بشيء يذكر.

وكثيراً، ما نشاهد أشجاراً ذات جذوع وأغصان مائلة على الهضاب وشواطئ البحار حيث الرياح الشديدة والمستمرة، ومثل هذه الأشجار يمكن أن تحدد باتجاه نمو جذوعها وتفرعاتها النباتية غير المنتظمة (المشوهة) جهة الرياح السائدة في الموقع، ويمكن ملاحظة ذلك في الرحلات والجولات الحقلية، (مثال على ذلك، ميل جذوع أشجار الحزام الأخضر قرب مدينة حمص في سوريا باتجاه الشرق نتيجة تعرضها المستديم للرياح الغربية القادمة من سواحل البحر الأبيض المتوسط)، أيضاً يمكن أن يشند هذا التشويه لتظهر جذوع الأشجار بشكل مفلطح، أو قد تتخذ الأشجار الوضع الأفقي في نموها.

ولا يقتصر تأثير الرياح على الأشجار وحدها، بل يتعداه إلى نباتات المحاصيل الزراعية المختلفة كالمحاصيل النجيلية مثل القمح والشعير وقصب السكر حيث تعمل الرياح الشديدة على تفلطحها ورقادها فوق سطح التربة (ظاهرة رقاد المحصول)،

وقد يحدث هذا الرقاد مبكراً أو متأخراً أثناء نمو المحصول وتنشأ عنه أضرار اقتصادية جسيمة.

4-1- التكرس Breaking :

تدمر الرياح الشديدة مساحات شاسعة وواسعة من الأشجار والشجيرات والمحاصيل الزراعية، نتيجة لتكسير فروعها وأغصانها ولاسيما الغضة منها، إضافة إلى أثرها الملحوظ في تساقط البراعم الزهرية وكذلك الأزهار والثمار .

وتتوقف قابلية النباتات للتكرس تحت وطأة تأثير الرياح الشديدة على تركيبها التشريحي، فإذا كان الخشب في النباتات الشجرية هشاً قليلاً التغلظ فإنها تكون أكثر استعداداً للتكرس، أما النباتات التي تحتوى على نسبة كبيرة من الأنسجة المتخشبية "السكرانثيمية" وخاصة إذا كانت هذه الأنسجة مرتبة في أعماق سميكة حول الأسطوانة الوعائية أو في أجزائها الخارجية فإن قابليتها للتكرس بفعل الرياح تكون أقل. ومن ناحية أخرى، فمن الطبيعي أن تكون الأشجار المريضة التي تعاني من إصابات حشرية أو فطرية، أكثر عرضة للتكرس تحت تأثير الرياح نتيجة لضعف مثل هذه الأشجار بالمقارنة مع الأشجار السليمة .

وقد تصل الرياح في شدتها إلى الحد الذي يكفي لاقتلاع النباتات المختلفة - بما فيها الأشجار والشجيرات - من تربتها بشكل كامل، ويشاهد ذلك كثيراً في صحارينا المكشوفة، حيث التربة الرملية الجافة السهلة التآكل والنباتات الضحلة الجذور، فالرياح العاصفة يمكنها وبسهولة اقتلاع مختلف النباتات من تربتها كلمح البصر، ويكون أثرها في تدمير الغطاء النباتي بذلك بالغ الخطورة.

5-1- البري Abrasion :

ينتج البري من حمل الرياح لحبيبات التربة وقذفها بشدة على النباتات المختلفة مسببة ضرراً بالغاً لها من خلال ما تلحقه بها من تآكل في أعضائها الخضرية، وتعانى

طائفة كبيرة من النباتات الصحراوية، وكذلك نباتات المناطق الساحلية للكثير من هذا النوع من الضرر، فالحبيبات الرملية التي ترتطم بقوة على الأسطح النباتية المعرضة لها تحدث ثقباً بأوراق النباتات وتمزقها (خاصة الأوراق الغضة الطرية والرقيقة)، كما أن حبيبات الرمل الدقيقة قد تستقر أحياناً في فتحات الثغور التنفسية فتعيق وتعطل عملها، أما في الأشجار الخشبية فيتآكل القلف من الناحية المواجهة للرياح الشديدة، ويكون هذا التآكل على أشده أسفل جذوع الأشجار على ارتفاع قليل من سطح التربة، وقد يصل التآكل أحياناً إلى الأنسجة الحية لهذه الجذوع، فيظهر أثر الرياح عليها على شكل حفر وتجاويف غائرة في سطوح جذوعها المعرضة للرياح وكثيراً، ما تتلف المحاصيل المزروعة على تربة رملية في منطقة معرضة للرياح الشديدة وذلك بشكل كلي لهذا السبب أيضاً.

6-1- التآكل Erosion :

يعتبر الغطاء النباتي الكثيف من أفضل وأنجع الوسائل الطبيعية التي تقي من تآكل سطح التربة وانتقاله تحت تأثير وطأة الرياح الشديدة، ولكن عندما يقل هذا الغطاء أو يزول ولو في مواضع متفرقة منه، فإن الرياح سرعان ما تفتك بالتربة مسببة تآكلها وتعرية جذور نباتاتها، مما يؤدي لاحقاً إلى موت هذه النباتات وزيادة شدة تعرية سطح التربة من غطاءه النباتي.

وعادة ما ينقل سطح التربة الناجم عن عملية التآكل إلى مواقع أخرى جديدة بمساعدة الرياح القوية، حيث تترسب وتتجمع حول نباتات هذا الموقع، وقد تستطيع هذه النباتات أن تتغلب على الأضرار الناجمة عن تجمع التربة فوقها ومن حولها، وذلك بإنتاج أجزاء خضرية جديدة على مستوى يعلو سطح الرمال المترسبة فوقها باستمرار، ولكن بعضها لا يستطيع تحمل نقص التهوية الناجم عن استمرار ردم وتغطية أجزاءها الخضرية النامية فتتموت وتندثر نتيجة اختناقها تحت أكداس الرمال المتجمعة فوقها.

وتتميز النباتات التي تقاوم ترسب الرمال فوق فروعها النباتية بمقدرتها على تكوين جذور عرضية على الساق المطمورة تحت الرمل وفي مستويات مختلفة تزداد ارتفاعاً كلما ارتفعت أكداس الرمال المترسبة فوقها، وتشاهد هذه الظاهرة بكثرة على السواحل وفي السهول الصحراوية.

وقد تجرد الرياح الشديدة السرعة التربة من طبقتها السطحية على مساحات شاسعة من الحقول الزراعية لترسبها في أماكن أخرى، مما يؤدي إلى افتقار التربة للكثير من خصوبتها نتيجة حرمانها من طبقتها السطحية الغنية في العادة بالمواد العضوية والديبال، فيظهر بذلك التأثير المزدوج للرياح في إتلافها للمحاصيل المزروعة في الحقول التي حدث فيها التآكل، وفي القضاء على تلك النباتات النامية ضمن المواقع التي ستحدث فيها عملية الترسيب.

7-1- الرذاذ الملحي Salt Spray :

تشاهد هذه الظاهر بشكل خاص على شواطئ البحار والمحيطات، حيث تحمل الرياح الرذاذ الملحي المتناثر من الأمواج التي ترتطم بالساحل، لتلقيه فوق النباتات التي تعيش على مقربه من البحار والمحيطات، ولما كان هذا الرذاذ محملاً بنسبة عالية من الأملاح فإنه يسبب أضراراً بالغة بالنباتات التي تتميز بفرط حساسيتها للملوحة . وتقل كمية الأملاح التي يحملها الهواء البحري كلما تجاوز المناطق الساحلية وتوغل في العمق نحو المناطق الداخلية، غير أن أثر الرذاذ الملحي يشد على النباتات مع ارتفاع سرعة الرياح المحملة بالأملاح والتي تنقل هذا الرذاذ أحياناً إلى مسافات بعيدة عن الشاطئ ليؤثر بذلك على نباتات غير شاطئيه تتميز بارتفاع حساسيتها نحو الأملاح، وعلى ذلك فقد وجد أن النباتات تختلف في درجة تأثرها برذاذ الماء المالح، وأكثر النباتات تحملاً لذلك هي أقربها إلى البحر والتي تعرف عادة بمقاومتها للرذاذ الملحي والملوحة عموماً، أما النباتات الحساسة للملوحة فلا تستطيع أن تنمو بالقرب من السواحل البحرية، بل تشاهد عادة بعيدة عنها.

8-1- الإنزياح الجليدي:

لوحظ أنه في المناطق الباردة غير متجانسة التضاريس والمعرضة لكثرة تساقط الثلوج وهبوب الرياح العاتية، يزاح فيها طبقات الجليد والثلوج المتركمة من المنحدرات المواجهة للرياح إلى المنحدرات المحمية منها، معرضة بذلك نباتات هذه المنحدرات لخطر تجمع وتكدس الثلوج فوقها، فتتراجع أعدادها وربما تهلك وتزول من الموقع بصورة نهائية تحت وطأة الإنزياح الجليدي الذي تتعرض له .

9-1- تساقط الأزهار والثمار :

تؤثر الرياح الشديدة في الحد من قدرة النباتات على تكوين ثمارها من خلال إسقاطها لأزهارها وبراعمها الزهرية، وكذلك في إسقاط هذه الثمار قبل اكتمال نضجها على النبات الأم، مما ينعكس سلباً على الإنتاج، وعلى قدرة النباتات المختلفة وخاصة البرية منها في الحفاظ على استمرارية وجودها وبقاؤها في بيئاتها الطبيعية نتيجة الفقد الذي يحصل في أعداد وحداتها التكاثرية البذرية، والتي تعطي من خلالها أجيالها الجديدة القادمة.

2- فوائد الرياح :

يمكن استعراضها وتلخيصها بالنقاط التالية:

أ- تعتبر الرياح وسيلة هامة مساعدة لتلقيح أزهار الكثير من الأنواع النباتية، حيث تقوم بنقل حبوب اللقاح من مآبر إلى مياسم النبات الواحد، أو تنقلها إلى مسافات طويلة قد تصل إلى مئات الأمتار أو الأميال لتلقح نباتات أخرى بعيدة.

ب- تساعد الرياح على انتشار العديد من الكائنات الحية الدقيقة أو وحداتها التكاثرية المختلفة مثل الجراثيم والأبواغ الفطرية وغيرها، مما يساعد في زيادة انتشار هذه الكائنات واحتلالها لمواقع بيئية جديدة.

ج- للرياح دور هام أيضاً في انتشار بذور وثمار العديد من النباتات، مما يجعل منها أحد أهم العوامل البيئية التي تقوم بهذه الوظيفة الهامة والضرورية، والتي تعتمد عليها معظم النباتات الأرضية.

د- تساعد الرياح على تجفيف التربة ذات المحتوى الرطوبي المرتفع.

هـ- تقوم الرياح الباردة على خفض درجات الحرارة المرتفعة الضارة، فتلطف الجو في المناطق البيئية الحارة.

و- الرياح الدافئة تساعد على رفع درجة حرارة المناطق الباردة، وتجعلها أكثر ملائمة لنمو نباتات جديدة فيها.

3- الكثبان الرملية وتأثير الرياح عليها:

تعمل الرياح الشديدة على تحريك ونقل الكثبان الرملية Sand Dunes وخاصة في تلك المواقع التي تتميز بغطاء نباتي فقير أو معدوم تقريباً، حيث تصبح حركة الكثبان الرملية فيها سهلة تحت تأثير الرياح السائدة، وهناك بعض الأنواع النباتية التي تستطيع منع أو الحد من حركة الكثبان الرملية مما يؤدي إلى تثبيتها ومقاومتها لتأثير الرياح، ومن أهم هذه الأنواع النباتية نذكر:

الأثيل "الطرفاء" *Tamarix articulata* ،

الدخن الناعم *Panicum miliaceum* ،

قصب الرمال *Calamagrostis arenaria* ،

الرمث *Retama raetam* ، الشكل رقم (13) ،

السمار البحري (الأسل) *Juncus maritimus* ،

وكذلك نبات "الأونونيس" *Ononis vaginalis* ،

وحشيشة القمح *Agropyron repens* ،

والسنط العربي *Acacia arabica* .. وغيرها العديد من الأنواع النباتية الأخرى.

وهذه النباتات لها القدرة على النمو والاستطالة عمودياً كلما تجمعت عليها أكوام الرمال وغطت فروعها الخضرية، لتستطيع بذلك وبمساعدة طبيعة توزع فروعها الهوائية النامية بشكل متداخل ومتشابك فوق أكوام الرمال على تثبيت هذه الكتبان والمنع أو التقليل من حركتها وانتقالها.

مصدات الرياح Windbreakers :

وهي عبارة عن أنواع خاصة (محددة) من الأشجار والشجيرات التي تزرع خصيصاً في المناطق التي تتعرض بصورة دائمة لرياح شديدة، قرب الحقول والبساتين أو المراعي والقرى. وذلك لوقايتها من أضرار الرياح العاتية، وتعرف هذه النباتات بمصدات الرياح (كاسرات الرياح). وغالباً ما تقام هذه المصدات بالمناطق القريبة من الشريط الساحلي في العديد من دول العالم، مثل مصدات الرياح المنشأة بالقرب من السواحل الغربية في سوريا، ومن السواحل الشمالية والواحات البحرية في مصر، حيث وجد أن الرومان في عام (330) ق.م قد أدخلوا أشجار الحور *Populus sp* إلى واحة سيوة في مصر واستخدموها كمصدات للرياح بغرض تثبيت كتبانها الرملية المتحركة.

وتزرع في العادة مصدات الرياح على شكل صفوف متعامدة مع اتجاه الرياح السائدة في المنطقة المراد حمايتها بهدف كسر حدة رياحها ودرء أخطارها عن مزرعاتها المختلفة. وقد تستبدل مصدات الرياح البسيطة (العادية) بما يسمى بـ: **النطاق الواقي Shelter Belt** أو بما يعرف بـ: **الحزام الأخضر Green Belt**، والذي هو عبارة عن مساحة واسعة من مصدات الرياح العادية التي تزرع على شكل صفوف متتالية عديدة وبمسافات منتظمة فيما بينها وبصورة متعامدة أيضاً مع اتجاه الرياح، لتحقيق بذلك وقاية مستمرة ودائمة، ولتوفر حماية أكبر للمناطق التي تقع خلفها .

العوامل الترابية (عوامل التربة)

Edaphic factors ; Soil Factors

أولاً - أهمية التربة :

تتضح أهمية التربة بالنسبة للنبات من خلال النقاط التالية :

- (1)- تعتبر التربة الوسط المناسب لحياة مختلف الأنواع النباتية .
- (2)- تقوم التربة بتدعيم وثثبيت النباتات، من خلال إرساء جذورها فيها .
- (3)- تمد التربة النباتات بالغذاء البسيط غير العضوي، ممثلاً بالماء والأملاح المعدنية اللازمة لحياتها .

ثانياً - مكونات التربة Soil component :

التربة وسط مادي معقد التركيب يتألف من مجموعة من المكونات التي توجد فيها بحالات فيزيائية وكيميائية مختلفة ، وتتكون هذه المكونات من المواد الأساسية التالية:

(الحبيبات المعدنية - المادة العضوية - الماء - الهواء)

تنشأ الحبيبات المعدنية من تفتت وتحلل الصخرة الأم، في حين تتكون المادة العضوية من تفكك وتحلل بقايا النباتات والكائنات الحية الأخرى الموجودة في التربة، أما الماء فمصدره الرئيسي هو الأمطار، بينما يتكون الهواء من تغلغل الهواء الجوي لحبيبات التربة عن طريق الفراغات الواسعة نسبياً، والتي تتشكل بين هذه الحبيبات بعد رشح الماء منها للأسفل.

وتختلف نسب هذه المكونات باختلاف أنواع الترب، ففي التربة الرملية تقل كمية الماء الذي تستطيع حمله، وتزداد نسبة الهواء فيها، بينما نجد عكس ذلك تماماً في الترب الطينية الثقيلة التي تستطيع حمل كمية أكبر من الماء في حين تنخفض فيها نسبة الهواء. كذلك ترتفع نسبة المادة العضوية في أراضي الغابات حيث يكون الغطاء

النباتي كثيف، بينما تصل نسبتها إلى الحدود الدنيا في الأراضي الصحراوية حيث الغطاء النباتي الضعيف أو المعدم تقريباً، وتتباين نسبة المادة العضوية تبايناً كبيراً في الأراضي المختلفة وذلك تبعاً للظروف البيئية المحيطة. عموماً، تتكون التربة وتتشكل نتيجة لترافق عمليتين أساسيتين تحدثان فيها بشكل دائم ومستمر هما عمليتي " الهدم والبناء " .

1- عمليات الهدم :

وتتناول مختلف عمليات تحلل الصخور وبقايا النباتات والكائنات الحية المختلفة، وهذه العمليات إما أن تكون ناتجة عن عوامل طبيعية مثل التقلبات في درجات الحرارة والرطوبة ... وغيرها من العوامل الأخرى، أو أن تكون ناتجة عن عوامل كيميائية كعمليات الأكسدة والاختزال والتحلل المائي والتكرين الخ .

2- عمليات البناء :

وتشمل جميع العمليات "التفاعلات" التي تنتهي بتكوين مركبات عضوية ومعدنية جديدة، تتجمع أو تتوزع بطريقة خاصة ضمن التربة، بحيث تكسبها صفات كيميائية وفيزيائية معينة، مما ينعكس في تأثيرها على مقدار نمو النباتات فيها. فالترربة إذاً وباختصار شديد، هي وسط مادي معقد التركيب مؤلف من مواد معدنية وعضوية وماء وهواء موجودة في حالات فيزيائية وكيميائية مختلفة.

ثالثاً - الطبيعة الكيميائية للترربة :

تنشأ المادة الأصلية التي تكون الهيكل المعدني للترربة إما من تفتت الصخور الموجودة في نفس الموقع الذي توجد به التربة، وهذا ما نطلق عليه بـ: "تفتت الصخرة الأم" ، أو تتكون من تفتت صخور بعيدة عن هذا الموقع لتنتقل إليه فيما بعد إما بواسطة المياه الجارية أو الرياح أو بحركة الجليد أو بفعل الجاذبية الأرضية وغيرها . وتتميز المادة الأصلية في الحالة الأولى بتدرجها في التفتت والتحلل الكيميائي بدأً من سطح التربة حتى العمق الذي توجد عنده الصخرة الأم، حيث يبلغ التفتت والتحلل

أقصاه عند السطح، أما في حالة المادة الأصلية المنقولة فتتصف التربة بعدم تدرجها وإنما بالتغير المفاجئ في صفات الطبقات المكونة لها.

تتركب التربة المعدنية كيميائياً من نسبة عالية من ثاني أكسيد السيليكون إضافة إلى أكاسيد الألومنيوم والحديد بنسبة أقل، وتتباين نسبة الكالسيوم والماغنيسيوم في الأراضي المختلفة تبعاً للظروف المحيطة، ففي المناطق الجافة ونصف الجافة يوجد هذان العنصران بنسبة أعلى مما هو عليه في المناطق الرطبة، كما ويوجد عنصر البوتاسيوم عادة بنسبة أقل من العناصر السابقة، أما عنصري الصوديوم والفوسفور فتكون نسبتهما عموماً بسيطة في التربة.

بالإضافة إلى ذلك، تحتوي التربة على عناصر أخرى توجد فيها بنسب قليلة جداً "على شكل آثار بسيطة"، ويمتصها النبات بكميات ضئيلة نسبياً، ولكنها ضرورية لحياته وينجم عن عدم وجودها ضرر له، ومن أهم هذه العناصر نذكر: البورون، الموليبيديوم، الزنك، النحاس، المنجنيز، الكوبالت، اليود، الفلور ... وغيرها .

رابعاً - مقطع التربة Soil Profile :

- 1- الهدف منه: هو دراسة الصفات العامة للطبقات المختلفة المكونة للتربة.
 - 2- طريقة إعداده: تصنع حفرة في الأرض بطول حوالي (2) متر، وعرض يصل تقريباً إلى (1) متر، وبعمق مناسب يتوافق مع طبيعة الأرض "بحيث يتيح إمكانية وقوف الشخص الفاحص بداخلها بشكل مريح"، ثم يسوى سطح من سطوحها بحيث يصبح عمودياً ومستوياً ومتجانساً قدر المستطاع، مما يسهل عملية فحص الطبقات فيه، ودراسة خصائصها وصفاتها المختلفة وطريقة توزع الجذور ... الخ.
- يطلق على مختلف طبقات التربة الظاهرة بالمقطع بـ "مقطع التربة أو بروفيل التربة".

خامساً - طبقات مقطع التربة:

يمكن أن نلاحظ في مقطع التربة الطبقات التالية :

1- منطقة الاستخلاص: وهي الطبقة العلوية من المقطع، وتتركب أساساً من حبيبات خشنة نتيجة لإنغسال الحبيبات الدقيقة الناعمة وكذلك الغرويات نحو الأسفل بواسطة الأمطار أو مياه الري يضاف إليها المواد العضوية المتحللة، مما يجعلها سهلة الاختراق من قبل الجذور التي تتفرع فيها بكثافة، وتكون هذه الطبقة فقيرة بالأملاح الذائبة بسبب إنغسالها أيضاً مع مياه الأمطار أو الري وتسربها إلى الطبقات العميقة نحو الأسفل . ويفضل تقسيم هذه المنطقة إلى طبقتين :

أ- **علوية :** تتميز بلونها الداكن نتيجة لغناها بالمادة العضوية .

ب- **سفلية :** تقع مباشرة أسفل الطبقة العلوية ، وتكون بلون أفتح من الطبقة العلوية، لكونها تحتوي على كمية أقل من المواد العضوية بالمقارنة مع سابقتها.

2- منطقة التركيز: وتوجد مباشرة أسفل منطقة الاستخلاص، تتجمع فيها الأملاح الذائبة والحبيبات الدقيقة الناعمة التي يحملها الماء إليها من الطبقات العليا، ويصعب اختراق الجذور لهذه الطبقة كما يقل تفرعها فيها .

تقع أسفل منطقة التركيز، منطقة لا يحدث فيها لا استخلاص ولا تركيز، تتركب عادة من مادة الأصل (**الصخرة الأم**) التي نشأت منها التربة، الشكل رقم (14) .

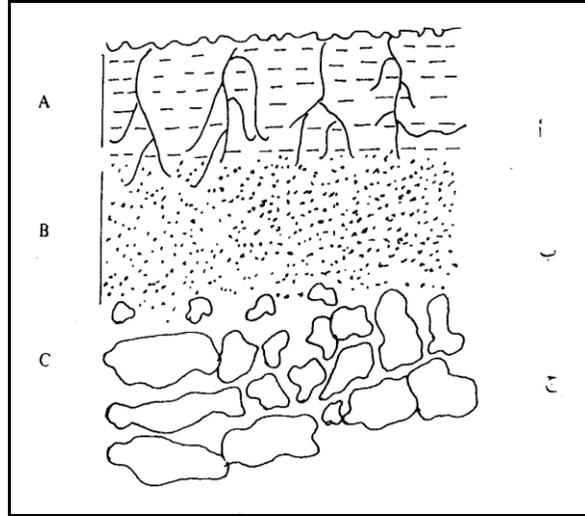
سادساً - الخواص الطبيعية والكيميائية للتربة :

تختلف الترب اختلافاً كبيراً فيما بينها حسب خواصها الطبيعية والكيميائية .

* **الخواص الطبيعية:** وتشمل مجموعة من الصفات التي تتصف بها التربة مثل : القوام، البناء، درجة الحرارة، اللون، الرطوبة، التهوية ... وغيرها .

* **الخواص الكيميائية:** مثل: درجة حموضة التربة، سعته الامتصاصية، توصيلها المائي، مكوناتها من العناصر والأملاح المعدنية وغيرها .

وسوف نستعرض فيما يلي وبشكل موجز بعضاً من **خصائص التربة الطبيعية** وأثرها على تباين النبات وتوزعه في المواقع البيئية المختلفة .



الشكل (14) - (مقطع التربة) رسم تخطيطي يوضح مختلف الطبقات التي يتكون منها مقطع التربة (أ - منطقة الاستخلاص ، ب - منطقة التركيز ، ج - الصخرة الأم) .

1- قوام التربة Soil texture :

ويقصد به التركيب الميكانيكي لها، الذي يعبر عن أحجام وأوزان ونسب مختلف أنواع المجاميع من حبيبات التربة التي تدخل في تكوينها، والتي نحصل عليها من خلال عملية تعرف بالتحليل الميكانيكي للتربة Mechanical analysis. ولقد اتفق في الجمعية الدولية لعلوم التربة على تحديد حجم هذه الحبيبات في كل مجموعة على النحو التالي المبين في الجدول رقم (1).

| أبعاد الحبيبات / ملم | اسم المجموعة |
|----------------------|---------------------|
| أكبر من 2 | الحصى Gravel |
| 2-0.2 | رمل خشن Coarse Sand |
| 0.2 - 0.02 | رمل ناعم Fine Sand |
| 0.02 - 0.002 | سلت Silt |
| أصغر من 0.002 | طين Clay |

أثر التركيب الميكانيكي على صفات التربة وعلى النبات :

يمكن توضيح ذلك من خلال النقاط التالية :

- (1) يزداد حمل الماء في التربة التي تحتوي على نسبة كبيرة من الحبيبات الناعمة .
- (2) ينفذ الماء بسرعة أكبر خلال التربة ذات الحبيبات الخشنة .
- (3) يزداد فقد الماء بالتسرب السطحي في الأراضي ذات الحبيبات الناعمة، كونه ينفذ ببطء من خلالها .
- (4) تزداد حركة الماء نحو الأسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية في التربة ذات الحبيبات الخشنة .
- (5) تزداد المقاومة الميكانيكية لاختراق الجذور في التربة الثقيلة الغنية بالحبيبات الدقيقة والغرويات، وتقل في التربة الخفيفة لاحتوائها على نسبة كبيرة من الحبيبات الخشنة .
- (6) تعتبر التربة ذات الحبيبات الناعمة أكثر خصوبة من التربة ذات الحبيبات الخشنة، وذلك لاحتواء الأولى على نسبة عالية من الغرويات، التي تدمص على أسطح حبيباتها أيونات العناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات .
- (7) تتميز التربة ذات الحبيبات الخشنة، وكذلك التربة الثقيلة التي تتصف بتجمع حبيباتها الناعمة على شكل حبيبات مركبة كبيرة الحجم بأنها جيدة التهوية، كون الحبيبات الكبيرة تحصر فيما بينها فراغات واسعة نسبياً تسمح بمرور الغازات من خلالها، وبذلك يسهل التخلص من ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تنفس الجذور والكائنات الحية الموجودة في التربة ليحل محله الأوكسجين اللازم لعملية التنفس "سهولة التبادلات الغازية"، في حين تكون التربة ذات الحبيبات الناعمة والدقيقة المنفردة رديئة التهوية.

2- بناء التربة Soil structure :

ويقصد به طريقة ترتيب حبيبات التربة مع بعضها البعض، والذي يتوقف عليه حجم الفراغات المتشكلة فيها، والتي تحدد بدورها درجة تهوية التربة.

ونميز نوعين من الفراغات في التربة:

أ- فراغات شعيرية: وهي فراغات ضيقة يشغلها الماء عادة ويتعذر مرور الهواء فيها.

ب- فراغات غير شعيرية: وهي فراغات واسعة نسبياً يشغلها الهواء عقب رشح مياه الأمطار أو مياه الري نحو أسفل التربة.

وبالتالي، فإن نسبة الفراغات غير الشعيرية هي التي تحدد درجة التهوية في التربة، كما تحدد نسبة الفراغات الشعيرية كمية الماء الذي تحتفظ به التربة عقب الري أو هطول الأمطار، وهذا يقودنا إلى مصطلح آخر يدعى بـ : مسامية التربة.

3- مسامية التربة Soil porosity :

وهي تعبر عن نسبة ما يشغله الماء إلى نسبة ما يشغله الهواء في التربة، وتعتبر التربة نموذجية عندما تصل مساميتها إلى نسبة مقدارها (50%)، أي أن نصف فراغاتها غير شعيرية تسمح بمرور الغازات، والنصف الآخر من فراغاتها شعيرية تحتفظ بنسبة وفيرة من الماء، أما التربة التي تحتوي على نسبة ضئيلة من الفراغات غير الشعيرية، أي تكون فيها نسبة المسامية منخفضة مثلاً (25%) فتعد تربة رديئة الصرف والتهوية.

العوامل التي تؤثر على المسامية :

يمكن أن نوجز العوامل التي تؤثر على مسامية التربة بكلٍ مما يلي:

(1) تزداد المسامية في التربة الرملية لكونها تحتوي على نسبة عالية من الفراغات غير الشعيرية التي تتشكل فيها بسبب كبر حجم جزئياتها مما يجعلها بذلك جيدة التهوية ، في حين يعاب عليها في كونها قليلة الاحتفاظ بالماء لافتقارها للفراغات الشعيرية.

(2)- تنخفض المسامية في التربة الطينية الثقيلة ذات الحبيبات الدقيقة المنفردة لتصبح بذلك رديئة التهوية، إلا أنها تعتبر جيدة الاحتفاظ بالماء بسبب غناها بالفراغات الشعرية .

(3)- تزداد المسامية في التربة عند تحلل الجذور القديمة فيها تاركة الفراغات والمسارات التي كانت تشغلها فارغة وبذلك تحل الغازات محلها .

(4)- تقوم الديدان نتيجة حركتها ونشاطها في التربة على زيادة مساميتها.

(5)- تؤدي عمليات الحراثة على تفكيك (خلخلة، تفتيت) الطبقة السطحية للتربة فتتباعد حبيباتها فتزداد فيها التهوية والمسامية .

(6)- يمكن زيادة المسامية في الأراضي الطينية الثقيلة بإضافة مواد عضوية أو مركبات جيرية إليها، والتي تقوم بتجميع الحبيبات الدقيقة على شكل حبيبات مركبة كبيرة فتحصر فيما بينها فراغات واسعة، مما يؤدي إلى زيادة نسبة فراغاتها غير الشعرية وتحسين مساميتها .

4- درجة حرارة التربة **Soil temperature** :

تؤثر درجة حرارة التربة على النبات بشكل مباشر أو غير مباشر :

التأثير المباشر : ويتمثل بـ : أ- التأثير على المجموع الجذري الذي ينمو فيها .
ب- تأثيرها على إنبات البذور .

التأثير غير المباشر : وذلك عن طريق تأثيرها على نشاط الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة، والتي تساهم بنشاطها في تحليل المواد العضوية المعقدة إلى مواد بسيطة يسهل امتصاصها من قبل الجذور .

العوامل التي تؤثر على درجة حرارة التربة :

تتعرض التربة لتقلبات كبيرة في درجات حرارتها وذلك في الأشهر المختلفة على مدار العام الواحد ، وفي الأوقات المختلفة من اليوم الواحد، بالإضافة إلى تأثرها بالعديد من العوامل الأخرى التي يمكن استعراضها فيما يلي:

- أ- اللون : فالتربة الداكنة تمتص حرارة أكبر من التربة الفاتحة اللون.
- ب- التضاريس : حيث يتلقى سطح التربة المستوي حرارة أكبر - نتيجة تعرضه لأشعة الشمس بصورة عمودية - من الحرارة التي تتلقاها السطوح المائلة لأنواع الترب المختلفة، التي تسقط عليها الأشعة الشمسية بصورة مائلة.
- ج- تغيرات فصلية : ففي فصل الصيف ترتفع درجة حرارة التربة بسبب طول ساعات النهار "زيادة فترة السطوع الشمسي" وارتفاع درجة حرارة الجو صيفاً، بالمقارنة مثلاً مع فصل الشتاء الذي يتميز بقصر ساعات النهار وانخفاض درجة حرارة الهواء شتاءً .
- د- تغيرات يومية : فكمية الحرارة التي تتلقاها التربة تصل إلى حدودها العظمى في فترة الظهيرة، لتتخف بشكل واضح في ساعات الشروق أو الغروب من ذات اليوم .
- هـ رطوبة التربة: تكون التربة الرطبة ذات المحتوى المائي المرتفع أكثر برودة من التربة الجافة أو الأقل رطوبةً، والعكس صحيح .

العوامل التي تؤثر على فقد درجة حرارة التربة :

تؤثر على كافة أنواع الترب العديد من العوامل التي تساهم في فقد درجة حرارتها يمكن تلخيصها فيما يلي :

- أ- الإشعاع: تفقد التربة لحرارتها ليلاً عن طريق الإشعاع فتكون الطبقات السفلية أكثر دفئاً من السطحية، أما في النهار فنلاحظ العكس تماماً حيث تصبح الطبقات السطحية أكثر دفئاً من السفلية . وتتعرض الطبقات السطحية من التربة لتقلبات كبيرة في درجة حرارتها على مدار اليوم الواحد، وخاصة في المناطق الصحراوية التي تتفاوت بها درجات الحرارة ما بين الليل والنهار بشكل كبير. عموماً، تقل هذه التقلبات في شدتها

تدريجياً كلما تعمقنا تحت سطح التربة حتى تتلاشى في الطبقات التي يقرب عمقها من المتر الواحد .

ب- تبخر الماء : فكلما ازدادت شدة تبخر الماء من التربة كلما أدى ذلك إلى انخفاضٍ واضحٍ في درجة حرارتها .

ج- السحب والضباب : فوجودها يقلل من مقدار فقد التربة لحرارتها عن طريق الإشعاع .

د- الغطاء النباتي : يقوم الغطاء النباتي بحجب أشعة الشمس عن سطح التربة أو يقلل من كمية وشدة الأشعة الشمسية التي يتلقاها، لذلك فالتربة الغنية بغطائها النباتي تكون أبرد في ساعات النهار من التربة العارية أو المكشوفة، أما ليلاً فتصبح التربة العارية أبرد من المغطاة التي تكون أدفاً منها بسبب حجب الغطاء النباتي فيها للفقْد الحاصل في درجة حرارة التربة عن طريق الإشعاع .

5- رطوبة التربة Soil moisture :

تؤثر رطوبة التربة والمحتوى المائي لها تأثيراً كبيراً على حياة النباتات النامية فيها، وذلك بسبب الضرورة الفائقة لعنصر الماء وأهميته الحيوية لجسم النبات، وتعتبر الهطولات المطرية من أهم المصادر الأساسية لرطوبة التربة والتي تكون في كثير من الحالات المصدر الوحيد للماء الموجود في التربة .

5-1- مصير مياه الأمطار في التربة :

يمكن تقسيم مياه الأمطار التي تصل لسطح التربة إلى قسمين أساسيين :
أ- قسم ينساب فوق سطح التربة وفقاً لخاصية الجريان أو التسرب (الانسياب) السطحي التي تشاهد في حالات الترب الطينية الثقيلة ذات الأسطح المتماسكة الضعيفة النفاذية، وعند الهطولات المطرية الغزيرة، ويعتبر هذا القسم من مياه الأمطار مياه ضائعة لا تستطيع النباتات الاستفادة منه .

ب- قسم **ينفذ إلى داخل التربة** ليوجد ضمن مقطعها بعدة صور وأشكال مختلفة.

2-5- أشكال الماء في التربة : يمكن مشاهدة الأشكال التالية للماء في التربة :

أ- **ماء الجاذبية الأرضية " الماء الحر " Gravitational water :**

ينفذ هذا الماء من خلال التربة ليشغل فراغاتها غير الشعرية ليتحرك من بعدها بسرعة نحو الأسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية كون التربة لا تستطيع الاحتفاظ به، ليستقر غالباً بعيداً عن متناول جذور النباتات، وبالتالي استفادة النباتات منه تكون محدودة جداً وذلك بسبب سرعة رشحه للأسفل والمرتبطة بطبيعة الحال ببنية وقوام التربة .

ب- **ماء المستوى الأرضي Water table ؛ Ground level water :**

وهو ماء الجاذبية الأرضية الذي يستقر بعد حركته نحو الأسفل في قاع التربة عند مصادفته لطبقة صماء كثيفة " غير منفذة " حيث يتجمع فوق هذه الطبقة، وكلما كانت هذه الطبقة ضحلة قريبة من السطح كلما أصبحت التربة رديئة التهوية وسيئة الصرف.

ج- **ماء السعة الحقلية Field capacity water :**

وهو الماء الذي تحتفظ به التربة بعد إزاحة ماء الجاذبية الأرضية، وتكون حركته فيها بطيئة، وأقل حد لهذا الماء في التربة يعرف بنقطة الذبول الدائمة Permanent wilting point . وكمية ماء السعة الحقلية لكل تربة تكون ثابتة وتعتمد على طبيعة التربة وعلى المادة العضوية الموجودة بها .

د- **الماء الشعري " ماء الخاصية الشعرية " Capillary water :**

يوجد هذا الماء في التربة على صورة أغشية مائية تحيط بحبيبات التربة وفي الزوايا والفراغات التي تنحصر بين هذه الحبيبات ليملاً بذلك الفراغات الشعرية في التربة، وتكون حركته فيها بطيئة جداً تتم وفقاً للخاصية الشعرية .

وبعبارة أخرى، هو الماء الموجود في التربة ما بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الثابتة، والذي تحتجزه التربة وتستفيد منه النباتات.

ويتعرض هذا الماء للفقد نتيجة لـ : التبخر من خلال حركته إلى الأعلى نحو سطح التربة بواسطة الخاصية الشعرية ولاستهلاكه من قبل جذور النباتات.

هـ الماء الهيجروسكوبي **Hygroscopic water** :

وهو الماء الذي تحتجزه التربة بعد جفافها في الهواء، ويوجد على شكل أغشية رقيقة تحيط بسطح حبيبات التربة ويكون مرتبط معها بقوة كبيرة، مما يستحيل على النبات امتصاصه والاستفادة منه .

و- بخار الماء **Water vapour** :

وهو الماء الذي يشغل الفراغات المحصورة بين حبيبات التربة على شكل غازي (بخار).

5-3- مصطلحات مرتبطة بالمحتوى المائي للتربة :

أ- السعة المائية القصوى **Maximum water - holding capacity** :

تعريفها: هي كمية الماء الموجودة في وزن محدد من التربة عندما تصل هذه التربة إلى مرحلة الإشباع.

ب- معامل الذبول **Wilting coefficient** " النسبة المئوية للذبول الدائم أو

الثابت " **Permanent wilting percentage** :

تعريف معامل الذبول : هو كمية الماء الذي تحتويه التربة عندما تبدأ علامات الذبول الدائم في الظهور على أوراق النبات الذي ينمو في هذه التربة .

ويمثل معامل الذبول الحد الأدنى للماء اللازم لنمو النباتات، وليس الحد الأدنى للماء الذي تستطيع النباتات امتصاصه، إذ تحتفظ النباتات بقدرتها على امتصاص الماء من

التربة ولو انخفضت كميته عن معامل الذبول حتى لتصل إلى الماء الهيجروسكوبي، ولكن الماء الممتص في هذه الحالة لا يكفي لنمو النباتات، بل يكفي لبقائها حية فقط .

6- حركة الماء في التربة :

6-1- حركة الماء بحالته السائلة : وتتم بالأشكال التالية :

أ - حركة ماء الجاذبية الأرضية :

والتي تلاحظ عقب هطول الأمطار أو الري، حيث يتحرك فيها الماء نحو الأسفل وفقاً لقوة الجاذبية الأرضية، وهذه الحركة تكون سريعة في الأراضي الرملية الخفيفة وبطيئة في الأراضي الطينية الثقيلة، كما وتنخفض عند وجود طبقة صلبة (كتيمة) في التربة أو في حال اقتراب مستوى الماء الأرضي من سطح التربة .
وتجدر الإشارة، إلى أن وجود الديدان في التربة يساعد على زيادة حركة الماء فيها بسبب الممرات الواسعة التي تتركها داخل التربة نتيجة حركتها ونشاطها، إضافة إلى القنوات التي تنشأ عن موت وتحلل الجذور القديمة للنباتات المختلفة .

ب- حركة الماء الشعري :

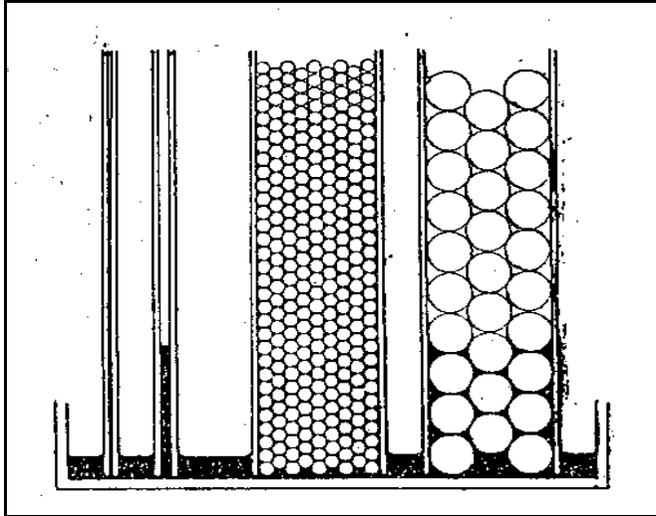
وهنا يتحرك الماء بكافة الاتجاهات اعتماداً على الخاصية الشعرية، فيتحرك نحو الأعلى عندما تبدأ الطبقات السطحية من التربة بالجفاف، كما تشاهد أيضاً الحركة الجانبية له (الحركة الشعاعية أو الحركة المماسية)، والتي تتميز بكونها بطيئة ومحدودة، إضافة إلى حركته نحو الأسفل .

عموماً، ارتفاع الماء الشعري في الأنابيب الشعرية الضيقة يكون أكبر منه في الأنابيب الشعرية الأوسع نسبياً، كما هو موضح في الشكل التالي رقم (16)، ومثل ذلك يحدث في التربة الطينية التي تكون فيها الفراغات الشعرية ضيقة فيرتفع فيها الماء الشعري إلى مستوى أعلى بكثير مما هو عليه في التربة الرملية ذات الفراغات الشعرية الواسعة نسبياً، وبالتالي، تكون حركة الماء الشعري في التربة الطينية أكبر

بكثير من حركته في التربة الرملية لكون الأولى غنية بالفراغات الشعرية الضيقة، ومن جهة أخرى تزداد حركة هذا الماء في التربة الرملية القريبة من درجة التشبع بشكل يفوق بكثير عن حركته في التربة الطينية .

2-6- حركة الماء بحالته الغازية "حركة بخار الماء" :

في التربة الجافة تنعدم حركة الماء الشعري وتصبح حركة الماء مقصورة على حركة بخار الماء، والتي تتأثر باختلاف الضغط البخاري في المناطق المختلفة من التربة، حيث ينتقل بخار الماء من المناطق ذات الضغط البخاري المرتفع إلى المناطق ذات الضغط البخاري المنخفض، وبذلك يتحرك بخار الماء ما بين الطبقات المختلفة من التربة وفي جميع الاتجاهات، وكذلك ما بين التربة والهواء المحيط بها وبالعكس أيضاً، اعتماداً على تفاوت الضغط البخاري بين التربة والهواء المحيط بها.



الشكل (16) - ارتفاع الماء بالخاصية الشعرية .

إلى اليسار: يكون ارتفاع الماء في الأنبوبة الزجاجية الضيقة أكبر منه في الأنبوبة الواسعة ، إلى اليمين : في الغرفتين المملوءتين بالكرات ، يكون ارتفاع الماء كبيراً حيث تكون الكرات صغيرة الحجم .

العوامل الإحيائية

Biotic Factors

تؤثر العوامل الإحيائية تأثيراً كبيراً على طبيعة وخصائص وصفات الغطاء النباتي السائد في أي موقع من المواقع البيئية، وذلك من خلال تأثيرها على مختلف مكوناته النباتية، فمن الطبيعي أن يرتبط أي نوع من الأنواع النباتية ضمن موقع معيشته بجملة هائلة ومعقدة من العلاقات المتبادلة التي تربط أفراد هذا النوع مع بعضها البعض من جهة، وكذلك مع كافة الأحياء المحيطة بها من جهة أخرى، سواء كانت نباتية أو حيوانية، وتختلف طبيعة هذه العلاقات تبعاً لاختلاف الكائنات الحية التي تقوم فيما بينها مثل هذه العلاقات التي تحكم سلوكها وتصرفاتها ضمن مواقعها الحياتية.

عموماً، يمكن أن نقسم العوامل الإحيائية إلى قسمين رئيسيين هما:

- الأول : هو العلاقة القائمة بين نبات ونبات آخر .

- الثاني : هو العلاقة القائمة بين النبات والحيوان .

وسوف نتعرف على كل قسم من الأقسام السابقة بشيء من التفصيل :

أولاً - العلاقة بين النباتات :

ترتبط كافة الأنواع النباتية فيما بينها بعلاقات وروابط اجتماعية مختلفة، تظهر بصور وأشكال عديدة، لكن يمكن إدراجها جميعاً ضمن شكلين اثنين من الروابط الاجتماعية هي الرابطة الإعتماضية ورابطة المعايشة .

1- الرابطة الإعتماضية:

وهي الرابطة التي يعتمد فيها نبات على نبات آخر في حياته وبدرجات متباينة من الإعتماضية ، لذلك تشاهد عدة أشكال لهذه الرابطة، تبعاً لاختلاف درجة اعتماد الأنواع

النباتية على بعضها البعض، والتي تتباين ما بين اعتماد كلي أو كامل كما هو الحال عند النباتات المتطفلة "المتطفلات النباتية"، واعتماد بسيط أو جزئي غير كامل كما هو الحال لدى الأنواع النباتية المتسلقة "المتسلقات النباتية"، وبالتالي يمكننا أن نميز عدة أشكال مختلفة من الروابط الإعتماضية بين النباتات نوجزها فيما يلي :

1-1- النباتات المتطفلة " التطفل - Parasitism "

وهي مجموعة من النباتات التي تتميز بجملة من الخصائص والصفات التي تجعل منها نباتات غير قادرة على متابعة حياتها بعيداً عن النبات الذي تتطفل عليه، فهي لا تستطيع امتصاص أو تصنيع غذائها بنفسها لعدم امتلاكها من جهة لمجموع جذري حقيقي ومتطور، ولعدم احتوائها كذلك على صبغة الكلوروفيل التي تساعد في تصنيع غذائها من جهة أخرى، لذا فهي تعتمد في تأمين مختلف احتياجاتها الغذائية على نباتات أخرى من خلال التطفل عليها، وفيها يسمى النبات الذي يقوم بعملية التطفل باسم (الطفيل Parasite)، والنبات الذي يتم التطفل عليه باسم (العائل أو المضيف Host)، ويستفيد الطفيل من العائل بامتصاص مختلف احتياجاته الغذائية منه ملحقاً به درجات متفاوتة من الضرر.

وهناك العديد من الأمثلة على المتطفلات النباتية، التي تختلف فيما بينها حسب طريقة تطفلها، فإما أن يكون التطفل تطفلاً ساقياً، أو تطفلاً جذرياً :

أ- التطفل الساقى Stem parasite :

وفيه يقوم الطفيل بالتطفل على ساق وأفرع النبات العائل، أي على مجمل مجموعه الخضري (الهوائي)، ومن أمثله نبات الحامول . *Cuscuta sp* .

* نبات الحامول *Cuscuta sp* :

نبات زهري متطفل خالي من اليخضور، ساقه خيطية رفيعة تنمو عليها أوراقاً حرشفية صغيرة، وأزهاراً بيضاء أو قرمزية تحمل في مجاميع زهرية عديدة. يتطفل الحامول على ساق وأفرع الكثير من النباتات مثل البرسيم والفصة والبادنجان

والبطاطس، حيث تقوم ساقه الخيطية بالالتفاف حول الأفرع الهوائية للنبات العائل، مكونه في مناطق التماس ممصات *Haustoria* تخترق أنسجه العائل، فيمتص من خلالها كافة احتياجاته الغذائية .

ب- التطفل الجذري *Root parasite* :

وفيها يتطفل النبات الطفيلي على جذر النبات العائل كما هو الحال في تطفل نبات الهالوك *Orobanch sp.*

* نبات الهالوك *Orobanch sp.* :

نبات زهري متطفل يظهر فوق سطح التربة على شكل ساق شحميه غليظة تنمو عليها أوراق حرشفية صغيرة خالية من اليخضور، تنتهي الساق مع تقدم نمو النبات بشمراخ زهري كثيف يحتوي على العديد من الأزهار الأنبوبية الجميلة المظهر الملونة بألوان زاهية مختلفة (قرمزية، أرجوانية). يتطفل الهالوك على جذور العديد من الأنواع النباتية كالباذنجان والطماطم والبطاطس والتبغ ملحقاً بها أضراراً مختلفة.

يعتبر كل من نبات الحامول والهالوك من الأنواع النباتية الكاملة التطفل (التامة التطفل) *Holo-parasites*، كونها لا تحتوي على مجموع جذري، وكذلك لافتقارها لمادة الكلوروفيل، فهي بذلك لا تستطيع الحصول على غذائها (امتصاص غذائها) من أوساطها البيئية التي تعيش فيها، لغياب الجذر، أو حتى تصنيع هذا الغذاء بنفسها، لعدم قدرتها على القيام بعملية البناء الضوئي، فتلجأ إلى الاعتماد على نباتات أخرى في تأمين كافة احتياجاتها الغذائية من خلال التطفل عليها بشكل كامل .

توجد بعض الأنواع النباتية التي تتميز بخاصية التطفل الجزئي، وتدعى بالنباتات جزئية التطفل أو ناقصة التطفل (نصف متطفلة، اختيارية التطفل) *Semi-parasites* وهي نباتات تحتوي على مادة اليخضور وبالتالي تستطيع تصنيع غذائها الكربوهيدراتي ذاتياً، لكنها تفتقر إلى وجود المجموع الجذري الذي يمكنها من

امتصاص احتياجاتها من الماء والأملاح المعدنية اللازمة لها، فتلجأ إلى التطفل الجزئي لتؤمن مستلزماتها من هذه الاحتياجات، علاوة إلى ذلك، فقد يلجأ هذا النوع لامتصاص الغذاء الكربوهيدراتي من النبات العائل خاصة عندما تسوء الظروف البيئية المحيطة بها، وذلك بهدف تعويض ما ينقصها من غذاء. وهذه النباتات جزئية التطفل منها ما هو ساقى التطفل مثل نبات الدبق. *Viscum sp*، ومنها ما يكون ذو تطفل جذري مثل نبات العدار. *Striga sp*.

2-1- النباتات المتكافلة Symbiosis :

وهنا النباتات تتعايش مع بعضها البعض وتتبادل المنفعة فيما بينها، إذ يعتمد كل نبات فيها على مقدرات النبات الآخر الذي يتعايش معه في سبيل الحصول على نوع معين من الغذاء، ولا تستطيع هذه النباتات أن تنمو بشكل طبيعي إذا وجدت منفردة أو بصورة مستقلة عن النبات الشريك لها، وتوضح هذه العلاقة من خلال الأمثلة التالية:

أ- الأشن Lichens :

وهي عبارة عن حالة من حالات التعايش ما بين فطر وطحلب (فطر + طحلب)، حيث يقدم الطحلب للفطر الغذاء الكربوهيدراتي الذي يصنعه من خلال قيامه بعملية البناء أو التمثيل الضوئي، وبالمقابل يقوم الفطر بحماية الطحلب من مختلف عوامل جفاف الوسط المحيط، من خلال تأمين الماء والأملاح المعدنية التي يحصل عليها من التربة للطحلب، وبذلك تستطيع الأشن مقاومة عوامل الجفاف التي يمكن أن تتعرض لها، وهذا ما يفسر قدرتها في الاستمرار على النمو ضمن الأوساط البيئية الجافة.

ب- الفطريات الجذرية (فطريات الجذور – الميكوريزا) Mycorrhiza :

وهي تكافل ما بين فطر ونبات أرضي راقى (فطر + نبات)، حيث ينمو الفطر على جذر النبات، ويؤدي نفس الوظيفة التي تؤديها أوباره الماصة أو شعيراته الجذرية،

مساهماً بذلك في زيادة مساحة السطوح النباتية الماصة في المجموع الجذري للنبات الذي يتعايش معه، وبذلك يقدم الفطر للنبات الماء والأملاح المعدنية، ويتيح له فرصة أكبر لامتناس هذه المواد من التربة، بالمقابل يستفيد الفطر من النبات بحصوله على الغذاء الكربوهيدراتي منه.

عموماً، يوجد نوعان من الفطريات الجذرية هما :

(1) - فطريات جذرية خارجية Ectotrophic Mycorrhiza :

وفيها تحيط الخيوط الفطرية جذر النبات بشكل كامل دون أن تخترق أنسجته النباتية (أي دون حدوث توغل للخيوط الفطرية ضمن الطبقات الداخلية للجذر)، حيث يعيش الفطر على سطح الجذر ليقوم بامتصاص الماء والأملاح المعدنية من التربة ويقدمها للنبات الذي يتبادل معه المنفعة، كما هو الحال في الفطريات الجذرية لنبات الصنوبر.

(2) - فطريات جذرية داخلية Endotrophic Mycorrhiza :

وهنا يعيش الفطر داخلياً، في الخلايا البرانشيمية لقشرة الجذر ويرسل خيوطه الفطرية خارج الجذر في التربة، حيث يتم تبادل الغذاء ما بين الفطر والنبات، وبذلك يستطيع كلاً منهما مقاومة الظروف القاسية بشكل أفضل عما لو كانا منفردين، كما في الفطريات الجذرية للعديد من النباتات السلبية (الأوركيدات).

ج- بكتريا العقد الجذرية Root nodules bacteria :

وهي عبارة عن بكتيريا تتعايش مع جذور النباتات التابعة للعائلة البقولية كنبات الحمص والفاصوليا والبازلاء والبقول والعدس وغيرها من النباتات البقولية الأخرى، مشكلة على مجموعها الجذري إنتفاخات عقدية متضخمة نسبياً تدعى بالعقد البكتيرية Bacterial nodules، أو بالعقد الأزوتية (النتروجينية)، أو بالعقد الجذرية Root nodules وتقوم البكتريا هنا بتثبيت النتروجين الجوي في التربة مما يؤدي إلى إغناء التربة بهذا العنصر وزيادة خصوبتها، وهذا ما يعود بالنفع على

نمو النباتات فيها، بالمقابل تقدم النباتات البقولية لهذه البكتريا الغذاء الكربوهيدراتي اللازم لها.

3-1- النباتات العالقة (الفوقية) Epiphytes :

وهي تلك الأنواع النباتية التي تنمو على جذوع وأفرع وأغصان الأشجار والشجيرات المختلفة (على النباتات الخشبية عموماً).

وتتخذ النباتات العالقة من هذه الأفرع النباتية دعامة لها كي تتعلق بها وتنمو عليها، حيث يتدلى القسم الأكبر من جذورها في الهواء، والقسم الآخر يخترق قلف النباتات الخشبية بشكل سطحي (جزئي) لأجل التثبيت وامتصاص بعض العناصر الغذائية البسيطة، حيث تعطي هذه النباتات ثلاثة أنواع مختلفة من الجذور: جذور مثبتة، وجذور ماصة، وجذور معلقة أو هوائية. تنمو الجذور المثبتة في شقوق قلف النباتات الحاملة لها، مثبتة النباتات الفوقية في موقع ثابت على الفرع، كما تعمل كمستودعات للذبال الذي يتراكم في الشقوق التي تجري بها هذه الجذور، وتنشأ الجذور الماصة من الجذور المثبتة، لتمتص الغذاء من الذبال، أما الجذور المعلقة فهي ذات طبيعة إسفنجية، مما يمكنها من امتصاص الرطوبة من الهواء المحيط.

ومن أمثلة هذه النباتات نذكر: الأشن، والحزازيات، والنباتات السحلبية (السحليات) التي تنتمي للفصيلة السحلبية (الأوركيدية) (Orchidaceae)، وبعض أنواع السرخسيات. عموماً، تعتمد النباتات العالقة في تأمين غذائها ضمن أوساطها البيئية على مياه الأمطار وما تحمله من مواد غذائية منحلّة بها، أو ما تذيبه هذه المياه من مواد غذائية تصادف تجمعها وتراكمها على الأفرع النباتية الحاملة للنباتات العالقة، وغالباً ما يكون مصدر هذا الغذاء ناتجاً عن تحلل حبيبات التربة التي حملتها الرياح إليها، أو ما ينتج عن تحلل للطبقة السطحية لقلف النباتات الخشبية التي تنمو عليها .

4-1- النباتات المتسلقة (المتسلقات النباتية) Climbing plants ; Lianes

وهي نباتات ذات ساق عشبية ضعيفة غير قادرة على النمو الرأسي، فتضطر إلى التسلق على أنواع نباتية أخرى، أو على أي دعامة جانبية، أو مسند مجاور لها لأجل متابعة نموها، وتعتبر الصلة هنا أو العلاقة القائمة بين النباتات التي تقوم بعملية التسلق وبين الأنواع النباتية الأخرى التي يتم التسلق عليها، ضعيفة جداً، فهي تعتبر من أبسط أشكال الروابط الإعتيادية بين الأنواع النباتية المختلفة، كونها تقتصر فقط على توفير المادة (الدعامة أو المسند) التي يتم التسلق عليها .

عموماً، يمكن تقسيم المتسلقات النباتية وذلك حسب طريقة تسلقها إلى:

أ- متسلقات لا تمتلك أعضاء خاصة للتسلق **Leaners** مثل نبات البلمباجو

Plumbago sp.

ب- متسلقات بالالتفاف **Twiners** : تتمتع نباتات هذه المجموعة بساق قادرة على الالتفاف حول النباتات أو الدعامات المجاورة لها مثل نبات الفاصوليا. وقد يكون الالتفاف إما مع اتجاه حركة عقارب الساعة، كما هو الحال عند نبات حشيشة الدينار أو قد يكون بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، كما نجده عند نبات لبلاب الحقول *Convolvulus arvensis*.

ج- متسلقات بالمحاليق **Tendrils** : نباتاتها تمتلك أعضاء حسية متخصصة تساعدها على التسلق تدعى بالمحاليق أو المعاليق، وهي عبارة عن نموات خيطية رقيقة وناعمة تتمتع بدرجة عالية من الحساسية لدى ملامستها لأي نبات أو لأي دعامة مجاورة لها، مما يحرضها على الإحاطة بها أو الالتفاف حولها .
وتقسم هذه المجموعة من النباتات بدورها حسب أصل أو منشأ المحاليق التي تشكلها إلى كلٍ من المجاميع الفرعية التالية :

(1) محاليق ناتجة عن محور في الوريقات، كما هو الحال عند نبات البازلاء

Pisum sativum .

(2) - محاليق ناتجة عن محور في أعناق الأوراق، كما في نبات الكليماطيس

Clematis sp.

(3) - محاليق ناتجة عن تحور في الساق ، كما في نبات العنب *Vitis vinifera* .

د- متسلقات بالأشواك **Thorn lianes** : تتميز نباتاتها بامتلاكها لجملة من الأشواك القوية التي تستعملها في التثبيت والتسلق مثل نبات الجهنمية *Bougainvillea glabra* ، والورد *Rosa sp* ... وغيرها

هـ- متسلقات بواسطة الجذور الهوائية **Aerial roots** : تحتوي هذه النباتات على جذور هوائية قصيرة وغلظية، تنمو بشكل متجاور وكثيف في مناطق مختلفة من ساقها النباتية وعلى امتداد هذه الساق لتساعدها في التثبيت والتسلق وخاصة على الجدران الخشنة المجاورة لها، تدعى هذه الجذور أحياناً بالجذور الإظفورية كونها تشبه في شكلها الخارجي مخالب الحيوانات، حيث تقوم النباتات أثناء تسلقها بغرس هذه الجذور داخل الأسطح الخشنة للجدران المجاورة لها بقوة كبيرة حتى يصعب أحياناً نزعها منها، مثل نبات حبل المساكين (اللبلاب) *Hedera helix*، ونبات الشمع *Hoya carnososa* ... وغيرها.

2- رابطة المعايشة (التزاحم والتنافس) Commensal union :

وهي الرابطة أو العلاقة التي تظهر بين الأنواع النباتية عند نموها قرب بعضها البعض بشكل متجاور أو متزاحم ضمن حيز مكاني واحد، مما يؤدي إلى تنافسها على هذا الحيز المكاني، وعلى الضوء وعلى مختلف المتطلبات الغذائية المتاحة من ماء وغذاء، وهذا ما يسمى بالصراع أو بالتنافس من أجل البقاء، الذي يفرض نوعاً من الانتقاء الطبيعي بين الأنواع لاختيار النبات الأفضل والأقدر على البقاء .

وقد يكون التنافس ميكانيكياً بين النباتات، وذلك عندما تتزاحم هذه النباتات على المكان، كمحاولة النبات الصغير في إيجاد مكان لساقه وأوراقه ليعيش وينمو في زحمة الأفراد النباتية الأخرى. وهناك نوع آخر من التزاحم يدعى بالتزاحم الكيميائي

وهو الذي ينتج عن إفراز مواد كيميائية ذات طبيعة بيولوجية مثبطة أو سامة، من أوراق بعض النباتات، أو من جذورها الخ ، مما يؤدي إلى عرقلة نمو أنواع نباتية أخرى.

ويبلغ التنافس أقصى مستوياته في الحالات التالية :

- عندما تنتمي النباتات المتنافسة إلى نوع نباتي واحد .
- عندما تتساوى (تتشابه) النباتات المتنافسة في معدلات احتياجاتها الغذائية .
- عندما تزداد أعدادها في وحدة المساحة (ازدياد كثافتها) .
- عند عدم توفر الموارد الغذائية بما يتلائم وحاجة النبات النامية فيه.

كما ويترجع التنافس ليصل إلى حدوده الدنيا عند الحالات التالية :

- عندما تتباين النباتات المتنافسة فيما بينها وتختلف أنواعها .
- عندما تتفاوت النباتات المتنافسة في متطلباتها الغذائية .
- عندما تنخفض معدلات كثافتها في وحدة المساحة .
- عند غناء الموقع بالمواد الغذائية المختلفة .
- عندما تشغل الأجزاء الهوائية للنباتات المتنافسة مستويات متفاوتة من الهواء، مما يسمح بوصول الضوء بشكل متجانس لجميع الأنواع النامية في الموقع.
- عندما تحتل الأجزاء الأرضية للنباتات المتنافسة طبقات مختلفة من مقطع التربة، مما يمنع أو يحد من درجة تنافسها على الغذاء المتاح في التربة. ففي البيئة الصحراوية، تكون النباتات فيها متناثرة وجذورها متباعدة، فيكون التنافس فيما بينها ضعيفاً جداً، أو حتى يكاد أن يكون معدوماً، في حين تزداد حدة التنافس بين النباتات في منطقة البراري، وفي البيئات الرطبة، التي تتميز بكثافات نباتية مرتفعة ضمن وحدة المساحة، حيث تتزاحم فيها النباتات بأجزائها الهوائية والأرضية على حد سواء، فيشتد التنافس فيما بينها على الحيز المكاني وعلى الضوء وعلى المواد الغذائية المختلفة .

ثانياً : العلاقة ما بين النبات والحيوان :

لا يقتصر ارتباط النباتات المختلفة ضمن أي موقع من المواقع البيئية بعلاقات وطيدة مع الأنواع النباتية المحيطة بها فقط، بل تتعدا لتشمل أيضاً كافة الأحياء التي توجد معها في ذات الموقع، ومن ضمنها بطبيعة الحال مختلف الأنواع الحيوانية التي يمكن أن يصادف وجودها ضمن الموقع البيئي وذلك في مختلف مراحل نمو هذه النباتات .
وتتمثل هذه العلاقة بالنقاط التالية :

1- رعي الحيوان للنبات : وذلك من خلال عمليتي الرعي والقضم .

الرعي Grazing : هو أكل الحيوانات للنباتات العشبية .

القضم Browsing : هو أكل الحيوانات للأشجار والشجيرات .

ويمكن تقسيم النباتات حسب درجة إقبال الحيوانات على رعيها إلى كلٍ من المجموعات التالية:

أ- نباتات مستحبة (مستساغة) Palatable Plants :

وهي نباتات يفضلها الحيوان في الرعي، ويقبل عليها بنهم شديد، لذلك فهي تتعرض للأذى والضرر نتيجة لفقدانها كامل مجموعها الخضري، أو بضعة أجزاء منه، خلال عملية الرعي والوطء (السير عليها بأقدام وحوافر الماشية) على حدٍ سواء. وقد تعاني هذه النباتات نتيجة تعرضها للرعي الجائر من فقد كبير في أعداد وكميات البذور التي تنتجها، ويكون الضرر هنا على أشده عندما تكون النباتات في مرحلة الإثمار وتشكيل للبذور .

وبشكل عام، يمكن تقسيم هذه المجموعة من النباتات حسب قيمتها الغذائية (قيمتها الرعوية)، ودرجة تفضيلها من قبل الحيوانات إلى: (نباتات عالية الاستساغة، نباتات متوسطة الاستساغة، نباتات ضعيفة أو قليلة الاستساغة). أو بتعبير آخر (نباتات عالية القيمة الرعوية، نباتات متوسطة القيمة الرعوية، نباتات منخفضة أو قليلة القيمة الرعوية) .

ب- نباتات غير مستحبة (غير مستساغة) Unpalatable Plants :

وهي نباتات لا يقبل عليها الحيوان في الرعي، وبالتالي تتعرض هذه النباتات فقط لضرر السير عليها (ضرر الوطء). ويختلف تأثير النباتات بما تتعرض له من أضرار ناجمة عن عمليات الرعي وذلك حسب اختلاف دورة حياتها :

فقد وجد أن الرعي الجائر للنباتات الحولية يؤدي إلى زوالها واختفائها كلياً من المرعى، لعدم قدرتها بطبيعة الحال على تجديد ذاتها. في حين تقاوم النباتات المعمرة الرعي أكثر من النباتات الحولية، حتى أن رعي الحيوانات لها بشكل معتدل قد يساعدها في تنشيط نموها (وخاصة في البيئات الجافة)، كون الرعي المعتدل يساعدها في تخفيف حجم مجموعها الخضري، مما يقلل من شدة نتح الماء لديها، فتصبح أكثر قدرة من غيرها من النباتات على تحمل أعوام القحط والجفاف. كما وإن هذه النباتات المعمرة تتمتع بقدرة هائلة على تجديد ذاتها حتى في حال فقدانها لكامل مجموعها الخضري عند تعرضها للرعي الجائر، وذلك من خلال مجموعها الجذري الغني بالماء وبالمواد الغذائية المخزنة فيه، والذي يبقى سليماً تحت سطح التربة بعيداً عن مخاطر الرعي والوطء .

أما فيما يتعلق بالنباتات الشجرية العالية الارتفاع نسبياً، فهي غالباً ما تنجو من الرعي، وتتجنب الأضرار التي يمكن أن تنجم عنه ، كونها بعيدة عن متناول الحيوانات، بيد أن الأنواع الشجيرية المتوسطة والقصيرة الارتفاع فمن الممكن أن تتعرض للقضم من قبل بعض الحيوانات البرية مثل الماعز والغزلان والزراف.

هذا، وتتعرض البادرات الصغيرة لمختلف الأنواع النباتية للتلف أيضاً نتيجة أكل الديدان لها، أو سير الحيوانات عليها خلال فترة تجوالها ورعيها ضمن المرعى .

مما سبق، يتضح لنا أن الحيوانات تتباين فيما بينها بما تفضله من نباتات أثناء الرعي، فالأغنام والماشية والخيول تفضل النباتات العشبية، أما الماعز والغزلان والزراف فتفضل الأشجار والشجيرات، في حين تفضل الجمال النباتات الشوكية.

الرعي الجائر للنباتات الرعوية يعرض الغطاء النباتي في مناطق الرعي للانحسار والزوال التدريجي، مما يؤدي إلى تكشف التربة وتعريتها من غطائها النباتي، فتصبح أكثر عرضة لمختلف عوامل الحت والتآكل والإنجراف الناجمة عن فعل الرياح وحركة المياه وغيرها وهذا بالتالي يؤدي بطبيعة الحال إلى تقهقر وتدهور الموقع .

2- النباتات الأكلة للحيوان (المفترسات النباتية) Carnivorous plants :

تعيش هذه الأنواع من النباتات في مناطق بيئية تمتاز تربتها بافتقارها لعنصر النتروجين (الأزوت)، أو عند وجود هذا العنصر بصورة معقدة يصعب على النبات امتصاصه، وبالتالي تلجأ مثل هذه النباتات إلى إتباع طرق شاذة في الحصول على هذا الغذاء النتروجيني اللازم لحياتها، وذلك عن طريق اقتناص بعض الأحياء الدقيقة أو الصغيرة وخاصة الحشرات، حيث تقوم بتحليل وهضم أجسادها عن طريق مجموعة من الإنزيمات والخمائر التي تفرزها خصيصاً لهذا الغرض، ومن ثم امتصاص نواتج عمليات الهضم كغذاء عضوي لها. وتكون هذه النباتات مزودة ببعض التحورات التشريحية والشكلية التي تمكنها من فرائسها.

ومن أهم الأمثلة على هذه النباتات نذكر :

أ- نبات الإبريق أو نبات الجرة (النبثس) *Nepenthes sp.*:

وهو نبات تتحور فيه أنصاله الورقية إلى ما يشبه شكل القدر المزود بغطاء متحرك يفتح للخارج تاهباً لاقتناص الفريسة، وتكمن آلية الاقتناص في أن القدر الورقية تفرز في داخلها رحيقاً سكرياً حلو المذاق يجذب الحشرات (الطائرة أو الزاحفة) إليها، ولدى اقتراب الحشرة من فوهة القدر تسقط بسرعة إلى قاعة بسبب وجود مادة شمعية زلقة على سطحه الداخلي، والتي تمنعها بنفس الوقت من الخروج، وتقوم كذلك الزوائد الخشنة الموجودة على السطح الداخلي للقدر، والمتجهة في نموها نحو أسفل القدر في منع الحشرات العالقة بداخله من الفرار بإعاقه صعودها نحو الأعلى، أيضاً الحشرات الطائرة لا تستطيع الهروب بسبب إغلاق فوهة القدر بشكل محكم بعد عملية

الاقتران مباشرة، بذلك تستقر الحشرة حبيسة في قاع القدر الورقي، حيث يبدأ النبات بإفراز العصارات الهاضمة والأنزيمات التي تساعد في عملية تحلل وهضم الحشرة المقتنصة لتصبح سهلة الامتصاص من قبل النبات .

ب- نبات ورد الشمس (الدروسييرا) : *Drosera sp.*

هنا أوراق النبات مغطاة بشعيرات فريدة من نوعها تتركب الواحدة منها من عنق ينتهي برأس يفرز مادة لزجة يغطي سطحه، فإذا حطت الحشرة على هذه الشعيرات التصقت بها، عندها يزداد إفراز المادة اللزجة، كما تتنبه جميع أجزاء الورقة فتتحني الشعيرات الأخرى للداخل حتى تلامس كامل جسم الفريسة، وخلال بضع لحظات تصبح الحشرة محاطة بالكامل وبشكل محكم بالعديد من هذه الشعيرات التي تغمرها بالسائل اللزج الذي تفرزه، والحاوي على أنزيمات هاضمة للبروتينات، فتعمل على تحلل الحشرة إلى مواد بسيطة يسهل امتصاصها من قبل النبات، وقد تستغرق عملية الهضم عدة أيام، وفي النهاية، بعد اكتمال هضم وامتصاص الحشرة المقتنصة، تعود الشعيرات ببطء إلى وضعها الطبيعي استعداداً لفريسة جديدة .

ج- الديونيا (صائد الذباب ، خناق الذباب) : *Dionaea sp.*

يتركب نصل الورقة في هذا النبات من مصراعين يتحركان بطريقة مفصلية على طول امتداد العرق الوسطي الفاصل بينهما، لينطبق المصراعين بإحكام على بعضهما، وتنشأ هذه الحركة عندما تلامس الحشرة (الفريسة) شعيرات خاصة ذات طبيعة حسية موجودة على السطح الداخلي للمصراعين، اللذان ينغلقان مباشرة على بعضهما البعض بطريقة محكمة، وبسرعة فائقة لا تزيد عن الثانية، وتساعد الأشواك التي تخرج من حافة كل مصراع، والتي تبدو على هيئة أسنان طويلة في إحكام إغلاق المصراعين، نتيجة لتعشقهم (تشابكهم) مع بعضهما البعض خلال عملية

الإغلاق، فتصبح الفريسة حبيسة في الداخل، عندها تبدأ الورقة في إفراز الأنزيمات الهاضمة، لتمتص بعد ذلك نواتج الهضم والتحلل.

د- حامول الماء *Urticularia sp.* :

يوجد هذا النبات مغموراً تحت سطح الماء، وهو يحمل أكياساً تعرف بالمتانات Bladders، لكل كيس فتحة ضيقة مزودة بباب يفتح إلى داخل الكيس أو المتانة، يساعد على اصطياح الحيوانات المائية الدقيقة، فعندما يلامس الحيوان المائي شعيرات خاصة موجودة على السطح الخارجي للفتحة يتحرر الباب منزلقاً نحو الداخل دافعاً الماء وما يحمله من كائنات مائية إلى جوف الكيس حيث تحتجز هناك حتى يتم تحللها ومن ثم امتصاصها .

3- دور الحشرات في تلقيح أزهار النباتات (التلقيح الحشري) Insect

: pollination

تقوم الحشرات (كالنحل والفرشات .. وغيرها) بدور أساسي وهام جداً في تلقيح أزهار العديد من الأنواع النباتية، وذلك من خلال نقلها لغبار الطلع (حبوب اللقاح) من الأعضاء الذكرية (المأبر) إلى الأعضاء الأنثوية (المياسم) عند مختلف النباتات الزهرية، وقد وجد أن حبوب اللقاح من الممكن أن تنتقل عن طريق الحشرات لمسافات بعيدة لتصل أحياناً إلى عشرات الكيلومترات، دون أن تفقد قدرتها على الإخصاب. وتتميز الأزهار حشرية التلقيح بجملة من الخصائص والصفات التي يمكن إيجازها فيما يلي :

- أ- أزهارها كبيرة الحجم عادة ، وذات ألوان جذابة ومتباينة .
- ب- تنتشر أزهارها رائحة خاصة ذكية تساعد على جذب الحشرات.

ج- تفرز أزهارها رحيقاً عسلياً حلو المذاق، يلعب دوراً كبيراً في جذب الحشرات.

4- دور الحيوانات في انتشار بذور وثمار النباتات :

يتم انتقال و انتشار بذور و ثمار العديد من الأنواع النباتية بواسطة الحيوانات والطيور المختلفة، خلال رعيها وتجوؤها من موقع لآخر، ويحدث هذا الانتقال بالطرق التالية:
أ- التصاق بذور و ثمار النباتات على جلود وفراء ووبر العديد من حيوانات المزارع، كشعر الماعز وصوف الأغنام، وكذلك ريش الطيور البرية أو المائية، أو حتى على أقدام وحوافر الماشية المختلفة، نتيجة لامتلاك هذه البذور والثمار لزوائد وتحورات بنوية خاصة (كوجود الأشواك، الخطاطيف، الأوبار، الأشعار .. الخ)، وكذلك في حال امتلاكها لأسطح خشنة، أو صمغية لزجة، تساعد على التعلق والالتصاق، مثل ثمار نبات شبيب الغنم أو الحسك، وثمار نبات القطب عرف الديك، واللزيق (القسام)، والديق... وغيرها من النباتات الأخرى .

يضاف إلى ذلك، أن الطيور تعمل على نقل و انتشار وبعثرة بذور و ثمار العديد من النباتات عن طريق نثرها لها دون أكلها، كما هو الحال في ثمار الورد *Rosa sp.*، كذلك عن طريق جمع المواد اللازمة لبناء أعشاشها، وعن طريق التصاق بذور و ثمار النباتات المختلفة على مناقيرها أو مخالبها... فتنقلها معها أينما حلت .

ايضا الدور الهام الذي تقوم به الحشرات المختلفة في نقل وبعثرة بذور العديد من الأنواع النباتية وخاصة عندما تكون تلك الحشرات مزودة ببعض الخصائص التي تساعد على نقل البذور ونشرها في المواقع البيئية المختلفة، ويعتبر الجراد والنمل والذباب من أفضل الأمثلة على ذلك، إضافة إلى أنواع أخرى عديدة .

ب- الانتقال و الانتشار الذي يحصل لبذور العديد من النباتات عند تعرض ثمار هذه النباتات للرعي من قبل بعض الحيوانات والطيور، التي تجد في ثمارها الغضة والطرية ذات الألوان الجذابة والبراقة طعاماً لذيذاً ومفضلاً لها، ولعل من أبرز الأمثلة

على ذلك نذكر الثمار العنبية لنبات عنب الديب *Solanum nigrum*، ذات المذاق السكري المستساغ والتي تقبل عليها الطيور بنهم شديد، إضافة إلى ثمار العنب والتين ... وغيرها من النباتات الأخرى، حيث تمر بذور هذه الثمار عبر القناة الهضمية لتخرج بسلام مع زرق الطيور (أو مع روث الماشية لدى رعيها للنباتات المثمرة) وهي محتفظة بقدرتها على الإنبات بشكل كامل - حتى أن بعضها يصبح إنباته أسرع بعد تعرضه للعصارات الهاضمة واختلاطه معها - معطية أفراداً جديدة من هذه النباتات، إما في ذات الموقع، أو في مواقع جديدة تصل إليها البذور مع تنقل وتجول وحركة الحيوانات .

وتجدر الإشارة هنا، إلى الدور الكبير الذي تقوم به الطيور في نقل هذه البذور لمسافات وأماكن بعيدة بسبب سرعة انتقالها وطيرانها لمسافات شاسعة وواسعة، بالمقارنة مع التنقل المحدد للماشية، الناجم عن بطء حركتها، وتجوالها المقيد في أماكن يحددها لها الإنسان غالباً .

أيضا الدور الرئيسي والهام الذي يقوم به الإنسان في نقل بذور وثمار العديد من النباتات المختلفة، البرية منها أو الزراعية، سواءً عن قصد أو بدون قصد، فكثيراً ما تلتصق بذور العديد من النباتات بملابس الإنسان أثناء زيارته للحقول الزراعية والأحراش، أو أثناء تجوله وتنزهه في الغابات والبساتين... وغيرها من الأماكن والمواقع الغنية بالنباتات، ليحملها وهو غافل إلى أماكن بعيدة ، إضافة إلى جهود الإنسان الذاتية في نقل هذه البذور والثمار، وحتى أحياناً النبات بالكامل، من مكان لآخر بغية الاستفادة منها واستغلالها في الصناعة والزراعة، فقد أدخل الإنسان نبات قصب السكر وكذلك نبات القطن إلى شمال إفريقيا ومنها مصر، كما أدخل الحمضيات (الموالح) إلى أسبانيا، والذرة الصفراء إلى العالم القديم بعد اكتشاف أمريكا... ، وغيرها من الأمثلة العديدة الأخرى .

التعاقب النباتي Plant Succession

التغيرات التي تطرأ على المجتمعات النباتية

عندما يتقدم الغطاء النباتي في نموه ضمن المساحة التي يشغلها، فإنه لا يبقى مستقراً على حالة واحدة، بل يتعرض إلى جملة من التغيرات المتعاقبة التي تطال مختلف مكوناته النباتية. هذا، وقد لوحظ أيضاً بأن مختلف المواقع البيئية تتباين فيما بينها من حيث درجة ثبات واستقرار مكوناتها من المجتمعات النباتية مع مرور الزمن، فبعض هذه المجتمعات تتميز بكونها شديد الثبات لأجيال عديدة ولفترات زمنية طويلة نسبياً، في حين يتصف بعضها الآخر بضعف ثباته واستقراره، حيث يتغير ويتبدل في مدى سنوات معدودة إلى مجتمعات نباتية مغايرة، وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة تعاقب النبات في الغطاء النباتي (التعاقب النباتي - Plant succession).

التعاقب النباتي، مفهومه وأنواعه

أولاً - مفهوم التعاقب النباتي :

يمكن أن نعرف التعاقب النباتي بأنه هو عبارة عن جملة أو سلسلة من التبدلات والتغيرات، التي تطرأ على مكونات الغطاء النباتي ضمن موقع بيئي ما، بهدف الوصول بهذا الغطاء الي مرحلة أو طور الذروة (Climax).

وكمثال على هذه التغيرات، طبيعة التبدلات التي طرأت على أرض جرداء عارية من غطائها النباتي، وكيف حدثت فيها سلسلة التعاقب النباتي وصولاً بها إلى مرحلة من الاستقرار أو التوازن ما بين الظروف البيئية السائدة، والغطاء النباتي المرافق لها.

ظاهرة التعاقب النباتي لا يقتصر حدوثها على البيئات الجافة فقط، بل يمكن مشاهدتها أيضاً في مختلف البيئات المائية، كما هو الحال في ظهور الغطاء النباتي في إحدى المسطحات المائية الضحلة، نتيجة تعرضها لشتى عوامل الجفاف.

ثانياً - أنواع التعاقب النباتي :

يمكننا أن نميز نوعين من أنواع التعاقب النباتي، وذلك حسب طبيعة الموقع الذي تبدأ فيه أولى مراحل هذه الظاهرة، فإذا بدأ التعاقب في أي بيئة مائية (مثل البرك، والمستنقعات)، سمي هذا النوع من التعاقب بـ: (التعاقب المطرد في الماء (Hydrach Succession)، وسميت المراحل المتتابعة له بـ: سلسلة التعاقب المائي **Hydroserre Succession**، أما إذا بدأ التعاقب على اليابسة، كبدء حدوثه على تربة جافة، أو فوق أحد المواقع الرملية أو الصخرية أو المواقع البيئية الجافة التي تعاني نقصاً كبيراً في المياه، سمي التعاقب في هذه الحالة بـ: (التعاقب المطرد في الجفاف (Xerarch Succession)، وسميت المراحل المتتابعة له بـ:

سلسلة التعاقب الجفافي **Xerosere Succession** .

وسواء أكانت مرحلة البداية في ظاهرة التعاقب النباتي تتم ضمن وسط مائي، أم في بيئة جافة، فإنها تنتهي في جميع الأحوال - بعد مرور ذلك الموقع بسلسلة من الأطوار المتتالية- بنفس الطور النهائي لهذه الظاهرة والذي يدعى بالطور الذروي **Climax**. وبعبارة أخرى، فإن مختلف مراحل سلسلتي التعاقب المائي والتعاقب الجفافي تنتهي جميعها في نهاية المطاف بإنتاج مجتمعات نباتية متوافقه مع المناخ الذي يحيط بالمواقع البيئية التي حدثت فيها هذه الظاهرة.

1- سلسلة التعاقب المائي Hydroserie Succession :

تتناول هذه السلسلة جملة التغيرات التي تطرأ على المواقع البيئية المائية، وصولاً بها إلى الأطوار الذروية المميزة لها. وتمر سلسلة التعاقب المائي بالأطوار النباتية التالية، مرتبة وفق تسلسل حدوثها مع تقدم الزمن:

أ- طور النباتات المغمورة Submerged Stage

هناك أنواع عديدة من النباتات التي تكيفت لتعيش مغمورة بشكل كلي تحت سطح الماء، حيث نجدها وهي تنمو بالقرب من السفوح الشاطئية للبحيرات، أو قد تغطي قاع البحيرة بأكمله، عندما يكون عمق الماء فيها أقل من (7) أمتار، وهذه النباتات المغمورة هي **الطلائع الأولى** في سلسلة التعاقب المائي، ولعل من أبرز هذه الطلائع، نذكر نبات الالوديا، وكذلك نبات نخشوش الحوت، والحريش وغيرها التي تنمو على أعماق مختلفة تحت سطح الماء حيث تقوم بتثبيت جذورها في القاع الطيني أو الرملي للمسطحات المائية المختلفة .

وغالباً ما تشكل هذه النباتات بنموها الكثيف مجموعة واسعة من التكتلات، فالشقائق المغمورة (الأقحوان المائي)، وحامول الماء، التي تنمو مع عدد كبير من الطحالب المتفاوتة بالحجم، ما بين الأنواع المجهرية منها، وبين الأنواع الأخرى الشبيهة بالأعشاب مثل الكارا، تشترك مع بعضها البعض لتملئ ماء البحيرة بالنباتات المتشابكة، وغالباً ما تصل غزارة النمو إلى حدودها القصوى في أواخر فصل الصيف، عندما يكتمل نمو هذه النباتات لدرجة تجعل من سير الزوارق أمراً عسيراً أو مستحيلاً في مثل هذه المسطحات المائية لغناها بالأنواع النباتية المغمورة المختلفة. ولنمو النباتات المغمورة عاماً بعد عام تأثيراً ملحوظاً على البيئة المائية المحيطة، وذلك لأن المواد التي تجرفها التيارات المائية وتحملها إلى البحيرة تترسب حول هذه النباتات التي تقف عائقاً أمام تقدمها، فتعمل على إضعاف سرعة هذه التيارات. وعند موت هذه النباتات تترسب أيضاً كميات كبيرة من بقايا أجسادها في القاع، حيث تتحلل

جزئياً، وتختلط مع بقايا الحيوانات الميتة، مكونة كتلاً كبيرة من الدبال، الذي يعمل على ربط حبيبات التربة مع بعضها البعض، فيجعلها أكثر تماسكاً وتراسماً، ونتيجة لذلك تزداد خصوبة التربة، ويرتفع مستوى القاع فيها، وبذلك ومع مرور الزمن، يصبح الماء والعمق الجديان للبحيرة بيئة صالحة لوفود أنواع جديدة من النباتات إليها كي تنمو وتزدهر فيها.

ب- طور النباتات الطافية : Floating Stages :

يبدأ هذا الطور بالظهور عندما يبلغ مستوى عمق الماء في البحيرة حوالي (2) متر تقريباً، وذلك بنمو نباتات جديدة تتميز بقدرة وصول بعض أجزائها النباتية من أوراق وأزهار إلى سطح الماء، لتفترش سطحه، أو لتعلو عنه قليلاً، وتعرف مثل هذه النباتات بـ: **النباتات الطافية**، ومن أهم هذه النباتات البشنين، واليوتاموجيتون (لسان البحر)، والبوليغونيوم (عصا الراعي) إضافة إلى أنواع عدس الماء، والياسنت المائي وغيرها من النباتات الطافية الأخرى، التي تكسو أوراقها العريضة الواسعة مساحات كبيرة من المسطح المائي أما جذورها فتكون مثبتة في القاع .

ويتكون المجتمع النباتي في بادئ الأمر من مزيج من النباتات الطافية والنباتات المغمورة وخاصة تلك التي تلائمها المياه الضحلة، لكن مع زيادة أعداد النباتات الطافية بتكاثرها وانتشارها تدريجياً من عام لآخر، تبدأ أوراقها بتغطية مساحة أكبر من سطح الماء، مما يحجب معه الضوء عن النباتات المغمورة. وغالباً ما يترافق ذلك أيضاً بارتفاع مستوى سطح التربة في القاع، بفعل تراكم مختلف البقايا النباتية المترسبة فوقه - غير أن وجود التيارات المائية قد يكون سبباً في إزالة أو إزاحة هذه المواد المتراكمة إما كلياً أو جزئياً، وهذا ما يفسر لنا استمرار المرحلة الطافية في مثل هذه الظروف لفترة زمنية طويلة نسبياً - وفي غضون بضعة سنين تزداد ضحالة الحواف الجانبية من البحيرة، فتغدو هذه الجوانب وسطاً غير صالحاً لنمو النباتات

الطافية التي لا تلبث أن تتراجع أعدادها وتتلاشى أنواعها بالتدرج، ليحل مكانها النباتات القصبية التي يزدهر نموها في هذه البيئة الجديدة .

ج- طور المستنقعات القصبية Reed Swamp Stage :

يتميز هذا الطور بنمو نباتات المستنقعات القصبية التي تبدأ بالظهور لتحل مكان النباتات الطافية، وذلك عندما يصل عمق الماء في البحيرة لأقل من المتر الواحد، وتثبت هذه النباتات جذورها في القاع في حين تنمو أجزاءها العلوية عالياً فوق سطح الماء مشكلةً أفرعاً هوائية طويلة، مثل نباتات الديس، والبوص، والبردي وغيرها التي تستطيع بأعوادها القوية الطويلة وغزارة نموها أن تبسط نفوذها على الأماكن التي تنمو فيها، وتنافس غيرها من الأنواع النباتية التي يتصافد وجودها معها، ونتيجة لزيادة زحف هذه النباتات وغزارة نمو أفرعها الهوائية تنخفض معدلات الإضاءة عن النباتات الطافية مما يؤدي إلى اختفائها تدريجياً من الموقع.

مع استمرار تكديس البقايا النباتية في قاع البحيرة، وحجز النباتات القصبية للمواد الرسوبية التي ترد إلى البحيرة مع التيارات المائية الوافدة إليها، يؤدي بالتدرج إلى تقليل عمق الماء. ومما يساعد على إتمام ذلك ويسرع من حدوثه، هو وجود بقايا أنواع نباتية أخرى فتصبح بذلك البحيرة بعد فترة من الزمن غير صالحة لنمو أغلب أنواع نباتات المستنقعات القصبية، مما يفسح المجال في ذلك إلى بداية ظهور الطور التالي من سلسلة التعاقب المائي ألا وهو طور المروج البردية .

د- طور المروج البردية Sedge Meadow Stage :

إن استمرار انخفاض مستوى سطح الماء بشكل متلاحق، مع بدء بروز القاع (اليابسة) في أماكن متفرقة من الموقع المائي، يجعل من البيئة الجديدة المتشكلة وسطاً غير صالحاً كي تواصل نباتات المستنقعات القصبية المختلفة نموها فيه، فتبدأ أنواع أخرى جديدة بأخذ مكانها والإحلال محلها.

وبالتالي مع استمرار اختفاء النباتات القصبية، تزداد كمية الضوء التي تتعرض لها الأنواع النباتية التي ظهرت حديثاً داخل الموقع إثر التراجع الذي حصل في أعداد النباتات القصبية، فتساعدها وفرة الضوء على زيادة نموها وازدهارها، وهكذا يتغير طور المستنقعات القصبية تدريجياً إلى طور يسمى بطور **المروج البردية** (أو طور مروج السمار)، الذي يضم أنواع كثيرة من نباتات السمار البحري (الأسل)، والنميص، والإليوكاريس، وغيرها العديد من النباتات النجيلية، التي تشكل بريزوماتها المتينة المتشابكة، وجذورها الرفيعة والغزيرة، ما يشبه النباتات البساطية، مغطية بنموها سطح الموقع تقريباً، وهذا ما يؤدي إلى جفاف التربة بصورة متدرجة، بحيث لا تعود صالحة لنمو المجتمع السابق، رغم أنها قد تغطي أحياناً ببضع بوصات من الماء في فصل الربيع وأوائل الصيف، بيد أن هذا الماء غالباً ما يختفي مع أواخر الصيف، مع بقاء التربة مشبعة بالماء، وانخفاض مستواه فيها إلى بضع بوصات عن سطحها، وبهذا فإن تربة الموقع في هذه المرحلة قد تحتوي على كميات متفاوتة من الماء، وذلك حسب درجة تقدم نمو الغطاء النباتي، وعدم الانتظام في تضاريس سطح التربة، مما يترتب عليه أن تبقى بضعة أفراد متناثرة من نباتات البردي في بعض المنخفضات الغنية عادة بالماء لفترة طويلة من الزمن كأثار من المجتمع القديم وكدلائل على وجود مستنقع سابق، ولهذا السبب يدعى هذا الطور بطور **المروج البردية**.

عادة ما يترافق ظهور طور المروج البردية بانتشار واسع للنباتات العشبية التي تعمل على تجميع حبيبات التربة وكذلك البقايا النباتية المختلفة التي تحملها المياه والرياح إلى الموقع، مما ينتج عنه ارتفاع في كمية الدبال المتجمعة داخل الموقع عاماً بعد عام، ليرافق ذلك بطبيعة الحال مع فقد التربة لكميات كبيرة من مياهها نتيجة لعمليات النتح التي تقوم بها هذه النباتات، وفي النهاية تصبح بيئة مجتمع المروج البردية في حالة من الجفاف لا تصلح معها النباتات المحبة للماء على مواصلة نموها فيه، فتتلاشى وتزول شيئاً فشيئاً، ليحل محلها وبصورة تدريجية غيرها من الأنواع النباتية

التي تكون بدورها مجتمعاً نباتياً مغايراً عن المجتمع السابق، وغالباً ما تتكون المجتمعات النباتية الجديدة في هذه الحالة من نباتات عشبية في المناطق الجافة، أما في المناطق الرطبة فتظهر مجتمعات نباتية مكونة من أشجار وشجيرات .

هـ- الطور الشجيري Shrub Stage :

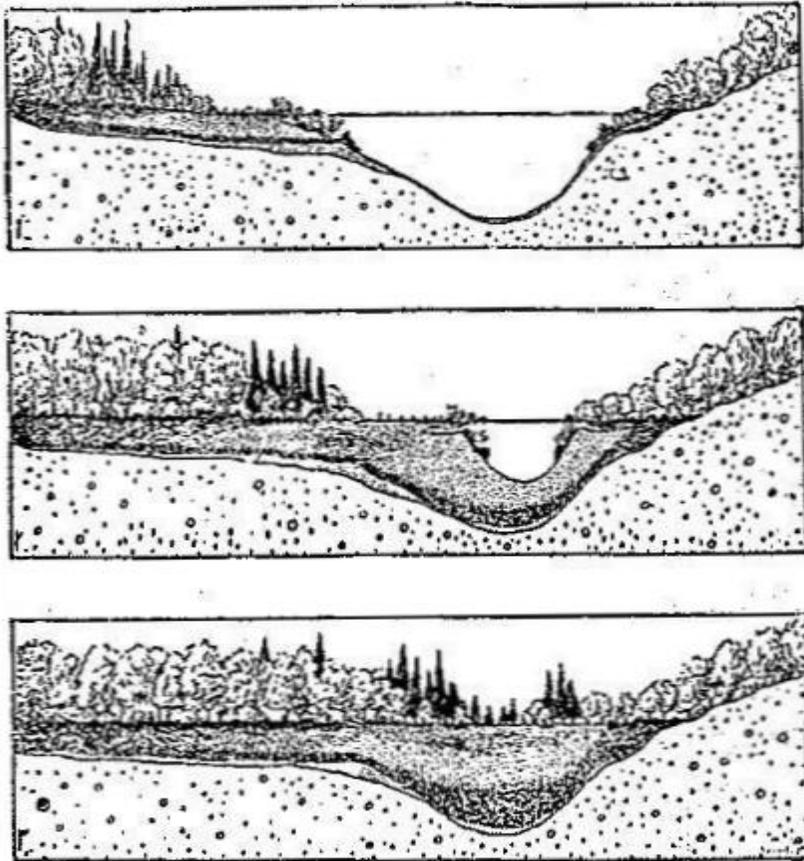
عندما يصل ارتفاع مستوى سطح الأرض إلى الحد الذي تصبح فيه التربة مشبعة بالماء في بعض الأوقات من العام فقط، وجافة نسبياً فيما تبقى منه، تبدأ بعض أنواع من الأشجار والشجيرات في الظهور. ويستهل الغزو في الأدوار المبكرة من هذا الطور بالأنواع التي تحتمل البقاء والنمو في التربة المشبعة بالماء كالصفصاف، والهور، وغيرها العديد من الأنواع النباتية الأخرى.

وتحدث هذه النباتات الشجرية النامية تأثيراً كبيراً في بيئة الموقع، بما تنشره من ظلال على سطح تربته، وبما تنقصه من مياه أرضية عن طريق الاستمرار في بناء التربة وتجفيفها بالنتح الذي يقوى ويشد بصورة تدريجية مع تزايد نمو وغزارة النباتات فيه. فتصبح بذلك تلك التربة الظليلة الأكثر جفافاً بيئة صالحة لنمو أنواع من النباتات أكثر تحملاً للظل والجفاف من نباتات المروج البردية التي كانت سائدة في الطور السابق، ولذلك تختفي هذه النباتات الأخيرة، وتحل مكانها نباتات عشبية متحملة للظل لتنمو بين الأشجار والشجيرات .

ر- طور الغابة الذروية Climax Forest :

مع ازدياد تحسن الظروف المحيطة بالموقع البيئي وملائمتها بشكل أفضل لنمو الأشجار، تستمر بعض الأنواع الشجرية في نموها لتبلغ أحجام كبيرة، مما يؤدي إلى تداخل قممها الخضرية وتشابكها مع بعضها البعض، متفوقة بذلك على الأنواع الأخرى في احتلال الموقع. تلك الأنواع التي تغدو غير قادرة على النمو الأمثل في ظل الأشجار القوية العالية، لتجد نفسها مع مرور الزمن ضمن ظروف بيئية جديدة

تحيط بها، وأن هذه الظروف قد باتت غير مناسبة لها لمتابعة نموها وتكاثرها، حتى أن بادراتها تصبح أيضاً عاجزة عن النمو في الظل، وبذلك يختزل عدد الأنواع الشجرية في الموقع بعد عدة أجيال، وينتهي الأمر بتكوين غابات نقية مؤلفة من نوع واحد أو من أنواع محددة من الأشجار، وكذلك أيضاً يحدث الفرز ما بين طبقتي الشجيرات والأعشاب ضمن الغابة المتشكلة، وتحل النباتات الوسطية ذات الاحتياجات المائية المتوسطة محل النباتات المائية السابقة. وبهذه الطريقة ومن خلال سلسلة التعاقب المائي تتحول الرقعة التي كانت في وقت من الأوقات مغمورة بالماء إلى غابة حقيقية.



الشكل (26) - رسم يوضح الخطوات المتتالية في سلسلة التعاقب المائي بإحدى البحيرات ، ابتداءً من الماء المكشوف بنباتاته المغمورة حتى طور الغابة الذروية.

2- سلسلة التعاقب الجفافي Xerosera Succession :

وهي تلك السلسلة من التعاقب النباتي التي تبدأ باليابسة وتنتهي بها لذات الطور الغابوي الذروي الذي انتهت إليه سلسلة التعاقب المائي، وتمر هذه السلسلة بكل من الأطوار التالية مرتبة حسب تسلسل حدوثها الزمني :

أ- طور الأشن القشرية Crustose – Lichen Stage :

لا تحتوى المملكة النباتية إلا على قلة ضئيلة من النباتات التي يمكنها أن تثبت نفسها وتتمو فوق سطوح الصخور الملساء العارية وذلك للأسباب التالية: صعوبة اختراق جذور النباتات للسطوح الصخرية بسبب شدة صلابة وقساوة هذه السطوح، الجفاف الشديد، نقص الموارد الغذائية، التعرض الشديد لأشعة الشمس ودرجات الحرارة المتفاوتة.

وتعتبر الأشن القشرية هي النباتات الوحيدة التي تستطيع النمو في مثل هذه الأوساط أي فوق سطوح الصخور الملساء العارية، وما تحتويه هذه السطوح من فراغات وتشوهات بسيطة سطحية. حيث تزدهر في فترات الطقس المطير في حين تبقى في حالة ساكنة ولفترات طويلة أثناء فصل الجفاف .

وتتمتع الأشن القشرية، دون سواها من النباتات، بقدره خارقة على امتصاص مياه الأمطار والاحتفاظ بقدر كبير منها، كما أنها تستطيع الحصول على الغذاء المعدني وإطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون الذي ينوب في الماء مكوناً حامضاً مخففاً يذيب ويفتت الصخر ببطيء، وبذلك تستطيع أشباه جذور هذه الأشن من اختراق الطبقة السطحية لهذه الصخور لمسافة بضعة ملليمترات، ومن ثم تحويلها وبالتدريج إلى تربة بسيطة تساعدها على متابعة نموها وازدهارها، ولا تلبث هذه الأشن مع استمرار نموها وبدء إنتاجها لوحدها التكاثرية المختلفة بهدف تكاثرها، من أن تنتشر إلى الصخور البعيدة بواسطة أبواغها التي تحملها الرياح أو بواسطة أعضاء تكاثرها الخضرية الخاصة بها والمعروفة بالسوريديا (السوريديات وهي عبارة عن أجسام

دقيقة عدسية الشكل تظهر على السطح العلوي لجسم الأشن القشرية تتكون من عدد قليل من الخلايا الطحلبية محاطة بكتلة صغيرة من الغزل الفطري)، وهكذا تستطيع أنواع عديدة من أجناس هذه الأشن مثل: إكانورا، الرينودونا، واللسيدا، والريزوكاربون وغيرها، أن تستعمر السطوح الصخرية العارية. ولا يقتصر عمل هذه الأشن على الأجزاء الصخرية المحدودة التي تلامس أجسادها فقط، بل وجد أن تأثير حامض الكربونيك التآكلي، وربما مع بعض الإفرازات المختلفة التي تفرزها هذه الأشن يمتد بعيداً عن حوافها أثناء هطول الأمطار أو لدى توفر الرطوبة المناسبة لذلك، مما يساعدها على الامتداد والتوسع البطيء في الرقعة التي تشغلها فوق تلك السطوح الصخرية القاسية لينتج عن عمليات التآكل والتفتت حبيبات صخرية ناعمة تختلط مع بقايا الأشن الميتة والأترربة المحمولة إليها، فيصبح الوسط عندها أكثر ملائمة لنمو أنواع نباتية أخرى جديدة .

تتوقف السرعة التي تتكون منها كمية صغيرة من التربة فوق السطوح الصخرية التي تنمو عليها الأشن إلى حد كبير على طبيعة الصخر من جهة، وعلى الأحوال المناخية السائدة والتي تؤثر بدورها على نمو ونشاط الأشن بحد ذاتها من جهة أخرى. ففي حالة الحجر البازلتية مثلاً، الذي يصادف وجوده في مناخ جاف، قد تستمر مرحلة الأشن القشرية لمئات السنين، أما في حالة الحجر الجيري أو الحجر الرملي، الموجود في مناخ رطب، فإن سرعة ما يحدث عليه من تغير، قد تسمح بغزوه من قبل نباتات جديدة للموقع (كالأشن الورقية مثلاً) في مدى زمن جيل واحد فقط .

ب- طور الأشن الورقية Foliose – Lichen Stage :

تظهر الأشن الورقية بمجرد تشكل طبقة رقيقة من التربة فوق الصخور السابقة، وهذا النوع من الأشن يعتبر أقل كفاءة في تثبيت ذاته فوق السطوح الصخرية، بخلاف الأشن القشرية التي تلتصق كلياً وبكامل جسدها عليها، ومن أمثلة الأشن الورقية نذكر: *Umbilicaria sp* ، *Dermatocarpon sp* ، *Parmelia sp* .

يستمر نمو الأشن الورقية لتحل تدريجياً محل الأشن القشرية، وخاصة في الأجزاء الأكثر تآكلاً من الصخر، وفي التجاويف، وكذلك في المواضع الأقل تعرضاً للشمس، حيث يعمل مجموعها الخضري الشبيهة بالأوراق المفلطحة على تظليل الأشن القشرية وحجب الضوء عنها مؤدية إلى هلاكها وبالتالي إلى تعفنها وتحللها، فيغدو الوسط حينئذٍ أكثر غناءً بالموارد الغذائية المختلفة، التي تساعد بدورها على نمو وازدهار الأشن الورقية.

مع مرور الوقت يلاحظ تجمعاً واضحاً ومنتساراً للمواد الدبالية فوق السطوح الصخرية التي تنمو عليها الأشن الورقية، نتيجة لتراكم مختلف البقايا النباتية واختلاطها مع حبيبات التربة الناعمة الحديثة العهد من جهة، ومع ما ينقله إليها الماء والهواء من فتات ورواسب مختلفة من جهة أخرى، كما تتابع الأحماض العضوية سواءً تلك التي تفرزها النباتات الحية أو التي تنتج عن تحلل وتعفن النباتات الميتة دورها في تفتيت الصخور، فيتواصل تكديس التربة، وتصبح الظروف مهيأة بصورة أفضل لبداية ظهور غطاء نباتي جديد آخر .

ج- طور الحزازيات القائمة Moss Stage :

يبدأ ظهور الحزازيات الجفافية القائمة حالما تتجمع كميات كافية من التربة في التشققات والتجاويف الصغيرة من الصخور، وهي غالباً ما تتكون في العادة من أنواع عديدة مختلفة نذكر منها، الحزاز الأسود والحزاز الشعري، والحزاز اللولبي وحزاز الفيوناريا ، وغيرها الكثير من الأنواع الأخرى.

وقد نفذ الحزازيات القائمة من مسافات بعيدة بواسطة أبواغها التي تنقلها الرياح إليها، وهي لا تقل أهمية عن الأشن في قدرتها على مقاومة الجفاف، حتى أنها قد توجد معها في أطوار نباتية واحد، كوجودها مع بعض الأنواع من الأشن الشجيرية، والتي تنتمي إلى جنس (*Stereocaulon sp* ، *Cladonia sp*).

لدى ظهور الحزازيات مع بداية هذا الطور، تبدأ نمواتها الخضرية وأشباه جذورها بمنافسة الأشن الورقية، التي سرعان ما تتخلي عن مكانها للحزاز بشكل تدريجي، أخذةً في الرحيل (التراجع) نحو المساحة التي تشغلها الأشن القشرية - ولذلك غالباً ما توجد هذه الأطوار الثلاثة: "حزاز + أشن ورقية + أشن قشرية" مجتمعة على نفس الصخرة - حيث يترافق ذلك مع ظهور تناقص واضح في أعداد مختلف أنواع الأشن لصالح النباتات الحزازية، التي تستمر بنموها بشكل مضطرد، والذي يلاحظ خلاله تجمع وتراكم واضح للمخلفات النباتية بين الساق القائمة للنباتات الحزازية، واختلاط هذه البقايا والمخلفات مع حبيبات التربة الناعمة، مكونه طبقة رقيقة من التربة الهشة، التي قد تصل في سماكتها أحياناً إلى بضعة سنتيمترات.

مع استمرار زيادة عمق التربة يصبح الموقع مؤهلاً بشكل أفضل لظهور أنواع نباتية جديدة، تعمل على نقله من طور الحزازيات القائمة إلى الطور الذي يبدأ فيه ظهور النباتات العشبية .

د- طور النباتات العشبية : Herbaceous Stage

إن الدور الفاعل الذي قامت به الحزازيات في الطور السابق من خلال تكوينها للتربة والعمل على الاحتفاظ بها (حمايتها من مختلف عوامل الحت والتعرية)، له تأثير كبير في تهيئة وإعداد الموقع للانتقال به إلى الطور أو المرحلة التالية من مراحل التعاقب النباتي، والمتمثلة ببدء ظهور **النباتات العشبية**. فمع نهاية طور النباتات الحزازية سرعان ما تتمكن بذور مختلف الأعشاب الجفافية، وخاصة تلك الحوليات قصيرة الأجل بالإنبات. حيث تتابع نموها وصولاً إلى مرحلة النضج، على الرغم من أن الأجيال الأولى منها قد تنمو ضعيفةً نسبياً بسبب جفاف التربة وقلة خصوبتها، إلا أن جذورها تستمر في عملية تفتيت الصخور وتكوين التربة. ومع توالي السنين، تعمل البقايا المتحللة لهذه الأنواع النباتية على إضافة الكثير من الدبال إلى التربة، لتبدأ بعد

ذلك النباتات ثنائية الحول وكذلك المعمرة في الظهور وبصورة متدرجة، وتستمر أعدادها في الازدياد كلما تحسنت الظروف المحيطة بها. وكلما ازداد تشابك الجذور، واشتد تظليل التربة، سارت عمليات تفتيت الصخر وتجمع الدبال والمواد الغذائية سيراً حثيثاً ضمن الموقع، ليترافق ذلك مع انخفاض واضح في درجات الحرارة والتبخر المتطرفة، وازدياد طفيف بدرجة الرطوبة، وتقلص ملحوظ في فترات الجفاف، علاوة على ارتفاع أعداد وكذلك نشاط مختلف الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة مثل البكتيريا والفطريات وغيرها من الأحياء الأخرى، وبهذا تصبح ظروف الوسط المحيط أقل جفافاً، فتبدأ الأنواع ذات الجذور السطحية الشديدة المقاومة للجفاف بالنمو، مثل: أنواع القبا البصيلي، والهشيمية، والنصي وكذلك أنواع اليوصير المختلفة ترافقها بعض السراخس الصخرية مثل: (*Potentilla sp Solidago sp*) المقاومة للجفاف. ومع مواصلة نمو الأنواع النباتية السابقة وازدهارها، فإنها تعمل على خفض شدة إضاءة الموقع، مما يسبب تدميراً واضحاً للحزازيات والأشن الورقية، التي تأخذ أعدادها بالتناقص الحثيث، لتبدأ أنواع نباتية أخرى تتلائم متطلباتها مع البيئة الرطبة الجديدة بغزو واقتحام الموقع .

هـ طور الشجيرات : Shrub Stage :

تجد النباتات الخشبية الظروف مواتية لنموها بعد تهيئة التربة الملائمة لها، وإعدادها على النحو المتطور الذي وصلت إليه بواسطة الأشن والحزازيات والأعشاب التي ظهرت في الأطوار النباتية السابقة، وقد تبتدئ الشجيرات والأشجار الصغيرة نموها هنا، إما من البذور، أو من أجزاء تكاثرها الخضرية (كالريزومات مثلاً) الوافدة إلى الموقع من بقاع مجاورة له بشتى الطرق المتاحة والمساعدة على انتقالها . وعادة ما يستهل هذا الطور بنمو نباتات ذات ريزومات متشابكة تمتد تحت سطح التربة، تنبتق منها أفرع هوائية كثيفة ومورقة تنمو عالياً، مظلة بذلك النباتات

العشبية، التي لا تلبث أن تجد في الظروف الجديدة المحيطة بها وسطاً غير مناسباً لاستمرار نموها، فتبدأ بالاختفاء والزوال من مكونات الغطاء النباتي للموقع بصورة تدريجية .

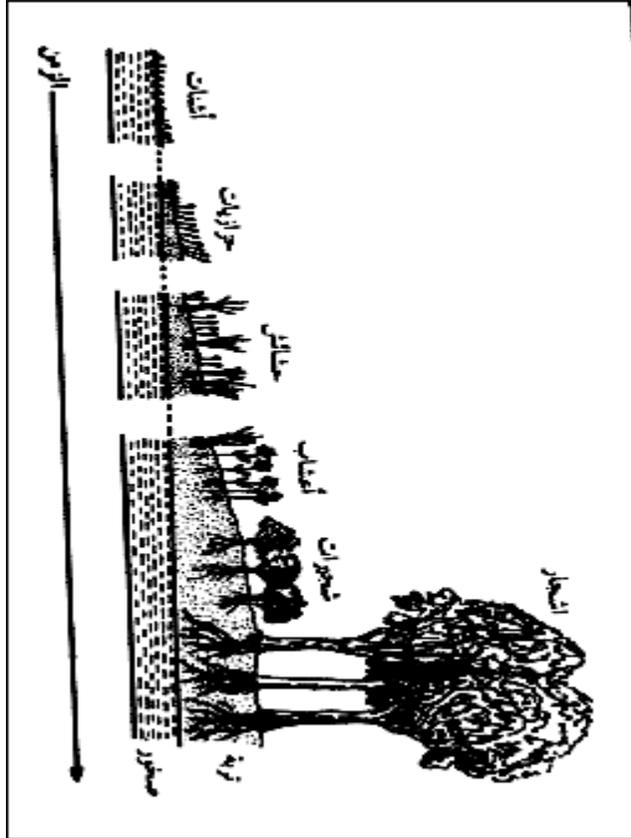
أما من جهة ثانية، فتمتلئ تربة الموقع وتكتظ مع مرور الوقت بالجذور الغليظة المتشابكة، التي تتوغل في العمق لتواصل عملها في تفتيت الصخور بهدف تشكيل وإنضاج التربة، ويساعدها على ذلك تكدس الأوراق النباتية المتساقطة فوق سطحها والتي تجد فيها مرتعاً مناسباً لتحللها، فتعمل على زيادة خصوبتها، ورفع قدرتها على الاحتفاظ بالماء وبالتالي من مقدار رطوبتها، مما ينتج عنه انخفاض واضح في سرعة التبخر من التربة، والذي يعزز ذلك أيضاً الدور الكبير الذي تقوم به الشجيرات النامية في صدها للرياح وإعاقتها لحركتها.

وبذلك، فإن الظروف الجديدة التي حلت مؤخراً بالموقع أصبحت تختلف تماماً عما كانت عليه مع بداية هذا الطور، مما يشير إلى اقتراب ظهور عهد نباتي جديد آخر، يتمثل ببداية نمو بادرات النباتات الشجرية، وحلول طور الأشجار .

ر- طور الغابة الذروية Climax Forest :

تبدأ هذه المرحلة بظهور الأشجار الجفافية Xerophytic Tree ، التي تنعكس عليها ظروف الحياة الجفافية الصعبة في ضالة نموها أول ذي بدء، لكن مع ازدياد عمق التربة وارتفاع غزارة هذه الأشجار بشكل مضطرد تتكون الغابة التي تعمل على تظليل المكان وحجب الضوء عن النباتات الشجيرية المحبة للضوء فتصبح هذه النباتات غير قادرة على البقاء، لذلك تتناقص أعدادها لتحل مكانها نباتات متوسطة الرطوبة وأكثر تحملاً للظل تعيش تحت قبة الأشجار المورقة العالية، وبالتالي تخنفي من المجتمع مع مرور الوقت جميع الشجيرات والأعشاب التي لم تعد تناسبها الظروف البيئية الجديدة، لتنفرد أنواع شجرية محددة مع بعض النباتات التي تتحمل الظل في النمو والبقاء مشكلة بذلك الغابة الذروية للموقع، الشكل رقم (28) .

وبالتالي، تتغير البيئة في سلسلة التعاقب الجفافي كما تتغير في سلسلة التعاقب المائي من بيئة متطرفة إلى أخرى متوسطة من حيث العلاقات المائية ، ويقابل ذلك حدوث تغيير مماثل في مكونات الغطاء النباتي من نباتات جفافية أو نباتات مائية إلى غابة ميزوفيتية (وسطية Mesophytic Forest) .



الشكل (28) - رسم تخطيطي يوضح مراحل التعاقب الجفافي

المراجع

REFERENCES

أولاً : المراجع العربية :

1. المنظمة العربية للثقافة والعلوم (1978): الإنسان والبيئة، مرجع في العلوم البيئية للتعليم العالي والجامعي، المطبعة العربية الحديثة، القاهرة، مصر.
2. الحسن، محمد بن إبراهيم؛ المعتاز، إبراهيم بن صالح (1995) : ملوثات البيئة، أضرارها، مصادرها وطرق مكافحتها (الطبعة الثانية)، دار الخريجي للنشر والتوزيع، الرياض، السعودية .
3. الغنيمي، علي (1978): محاضرات في علم البيئة النباتية والفلورا. منشأة الجامعة، طنطا، مصر .
4. مجاهد، أحمد محمد؛ أمين، عبد الرحمن؛ يونس، أحمد الباز؛ عبد العزيز، مصطفى (1990): علم البيئة النباتية ، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر.
5. مجاهد، أحمد محمد؛ أمين، عبد الرحمن؛ يونس، أحمد الباز؛ عبد العزيز، مصطفى (1996): النبات العام، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة مصر .

ثانياً : المراجع الأجنبية :

1. Bold , H.C. (1973): Morphology of plants . 3rd edition. Harper and Row , Publishers Inc , New York , Evanston, San Francisco, London .
2. Kormondy, E.J. (1976): Concepts of Ecology. Prentic-Hall , inc., New Jersey.
3. Lutken , E. (1977): Ecology . English edition , Translated by Ian Cocker and Peter Engberg , AV Media Copenhagen
4. Morgan , J.M. et al., (1980): Introduction to environmental sciences . W.H. Freeman and Compan , San Francisco.
5. Odum , E.P. (1978): Ecology . Second edition , Holt Rinehart and Winston , London , N.Y., Sydney , Toronto .



قسم النبات والميكروبيولوجي

مذكرة عملية في البيئة النباتية

لطلاب الفرقة الثانية علوم بيولوجي – كلية العلوم
الفرقة الثانية شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية – كلية التربية
الفصل الدراسي الثاني للعام الجامعي 2022/2023

اعداد

اعضاء هيئة تدريس قسم النبات – كلية العلوم بقنا

جامعة جنوب الوادي

الفهرس

| الصفحة | العنوان |
|--------|--|
| 2 | مقدمة عن علم البيئة ECOLOGY |
| 3 | العوامل المناخية: |
| 3 | أولاً: الأجهزة الخاصة بقياس درجات الحرارة: |
| 9 | ثانياً: الأجهزة الخاصة بقياس الرطوبة: |
| 15 | ثالثاً: جهاز قياس سرعة الرياح |
| 16 | رابعاً: جهاز قياس كمية المطر الساقطة: |
| 18 | مسائل |
| 19 | العوامل التربية |
| 19 | أولاً: دراسة بعض الخصائص الفيزيائية للتربة |
| 19 | مكونات التربة |
| 21 | الفصل الميكانيكي للتربة |
| 23 | درجة حرارة التربة: |
| 23 | العوامل التي تؤثر في درجة حرارة التربة: |
| 26 | المحتوى المائي للتربة |
| 27 | أولاً: تعيين المحتوى المائي الفعلي للتربة : |
| 28 | تعيين المستويات القياسية لمحتوى التربة المائي |
| 28 | أولاً : تجربة تعيين السعة التشبعية للتربة :- |
| 30 | ثانياً : تجربة تعيين السعة الحقلية للتربة : |
| 32 | ثالثاً : تجربة تعيين معامل (نقطة) الذبول : |
| 34 | مسائل |
| 39 | التحليل الكيميائي لمحلول التربة |
| 39 | أولاً : تقدير حموضة التربة |
| 40 | تقدير النسبة المئوية للأملاح الكلية الذائبة في محلول التربة |
| 42 | مسائل |
| 44 | تقدير النسبة المئوية للكلوريدات الذائبة في محلول التربة |
| 45 | مسائل |
| 46 | تقدير النسبة المئوية للكربونات والبيكربونات الذائبة في محلول التربة |
| 51 | تقدير النسبة المئوية للكربونات الكلية في التربة |
| 54 | تقدير النسبة المئوية لأيونات الكالسيوم والماغنسيوم الذائبة في محلول التربة |
| 58 | تقدير النسبة المئوية لأيونات الفوسفور الذائبة في محلول التربة |
| 61 | تقدير النسبة المئوية للكربون العضوي والمادة العضوية في التربة |

ECOLOGY علم البيئة مقدمة

هو أحد فروع علم البيولوجي Biology الذي يهتم بدراسة العلاقات المتبادلة بين كافة أنواع الأحياء سواءً كانت نباتية أم حيوانية والوسط البيئي الذي يحيط بها. اشتق مصطلح Ecology من أصل إغريقي مكون من مقطعين: الأول (Oikos) ومعناه الموطن أو المسكن، والمقطع الثاني (Logos) فيعني العلم أو الدراسة.

علم البيئة النباتية Plant Ecology هو العلم الذي يختص بدراسة مختلف الأنواع النباتية في أماكن معيشتها الطبيعية، والعلاقة القائمة بين هذه النباتات والوسط البيئي المحيط بها، والأثر المتبادل Interaction فيما بينهم.

العوامل البيئية:

هي مجموعة العوامل والظروف التي تحيط بالنبات في بيئته الطبيعية وتؤثر فيه وتتأثر به. تنقسم العوامل البيئية الي:

1. العوامل المناخية: Climatic Factors

وتضم كل الصفات العامة لمناخ المنطقة أو الموقع من حيث الضوء ودرجة الحرارة والرطوبة والرياح والمطر وغيرها

2. العوامل التربة: Edaphic Factors

وهي العوامل المتعلقة بالتربة وخواصها الفيزيكية والكيميائية ومنها قوام التربة واللون ودرجة حرارة التربة والمحتوي المائي وتركيب التربة الكيميائي.

3. العوامل الاحيائية: Biotic Factors

وهي العوامل التي تتعلق بعلاقة النباتات ببعضها البعض وكذلك علاقة الحيوان والكائنات الدقيقة بالنبات الراقى.

وتستخدم انواع شتي من الاجهزة المختلفة لقياس العوامل البيئية وسوف ندرس بعض الاجهزة الخاصة بقياس عوامل المناخ وكذلك العوامل المتعلقة بالتربة وبعض طرق تقدير العناصر المتاحة للنبات في التربة.

العوامل المناخية

اولا: الاجهزة الخاصة بقياس درجات الحرارة:

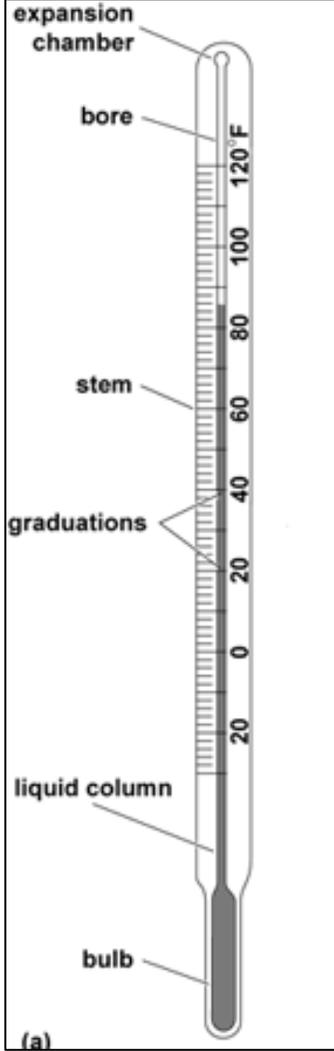
تتعدد الاجهزة الخاصة بقياس درجة الحرارة من حيث الشكل والتركيب والغرض فمنها اجهزة تقيس درجة الحرارة اللحظية ومنها ما يقيس مدي حراري معين وقد يتطلب وجود الباحث لاختذ النتائج او تكون الاجهزة مزودة بتقنية تدوين النتائج.

الشروط الواجب توفرها في السوائل المستخدمة في صناعة الترمومترات:

- 1) أن تتمدد السوائل بارتفاع درجة الحرارة وتتكشف بانخفاضها وان يكون مقدار التمدد والانكماش منتظم وواضح.
- 2) أن يكون سطح السائل واضح ويسهل قراءته.
- 3) ألا يلتصق السائل بجدار الانبوب الذي يحويه.
- 4) ألا يغلي إلا عند درجات عالية نسبيا.
- 5) ألا يتجمد إلا عند درجات حرارة منخفضة نسبيا.

افضل السوائل المستخدمة "الزئبق" حيث تنطبق عليه الشروط السابقة وتصل درجة غليانه 360° م ودرجة تجمده -93° م.

الترمومتر المئوي: Ordinary Thermometer



الترمومتر المئوي

يسمي ايضا الترمومتر الزئبقي او اللحظي. يقيس درجة الحرارة اللحظية.

فكرة الجهاز: تأثر الزئبق بالارتفاع والانخفاض في درجات الحرارة

التركيب: أنبوبة شعيرية تتصل بمستودع مملوء بالزئبق الذي يمتد لداخل الانبوبة الشعيرية. تحاط الانبوبة الشعيرية من الخارج بأنبوبة زجاجية مدرجة بدءا من الصفر وحتى 100° م

طريقة عمل الجهاز: عند ارتفاع درجة الحرارة يتمدد الزئبق داخل الانبوبة الشعيرية الي يثبت عند مستوي معين يمكن قراءته من خلال التدرج. وعند انخفاض درجة الحرارة ينكمش الزئبق داخل الانبوبة الي مستوي معين في التدرج.

الترمومتر ذو النهايتين العظمي والصغري

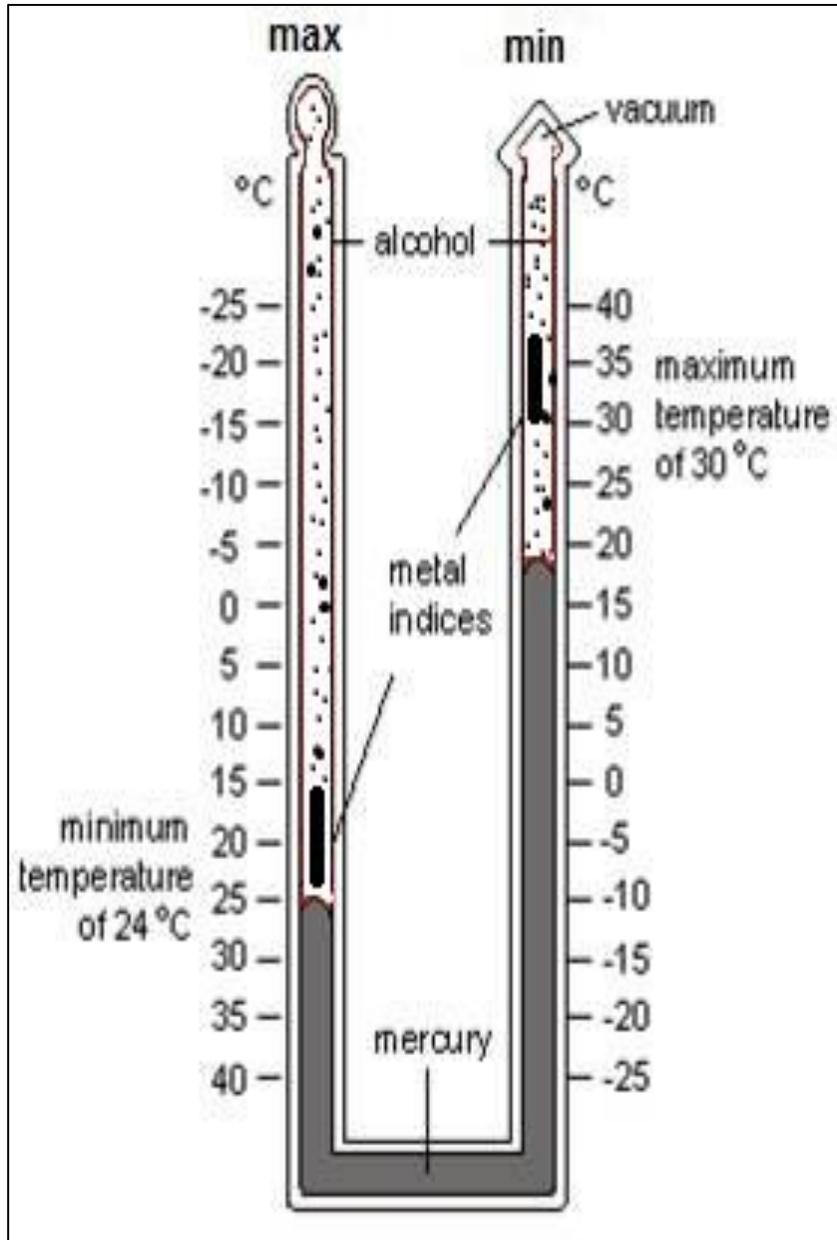
Maximum and Minimum Thermometer

الاستخدام: قياس درجة الحرارة العظمي والصغري خلال اليوم

فكرة الجهاز: تأثر السوائل الترمومترية (الزئبق والكحول) بالارتفاع والانخفاض في درجات الحرارة

التركيب: انبوبة شعرية ذات شعبتين (شكل حرف U) ينتهي كل شعبة بانفتاح. يتوزع الكحول في كلا الشعبتين اما الزئبق فيوجد في الجزء المنثني من الانبوبة. توجد قطعة ممغنطة فوق سطح الزئبق في كلا الشعبتين. كل شعبة تحتوي علي تدريج خاص بها والتدرجين معكوسين. هذه الانبوبة مثبتة علي لوح بلاستيكي.

طريقة عمل الجهاز:



الترمومتر ذو النهايتين العظمي والصغري

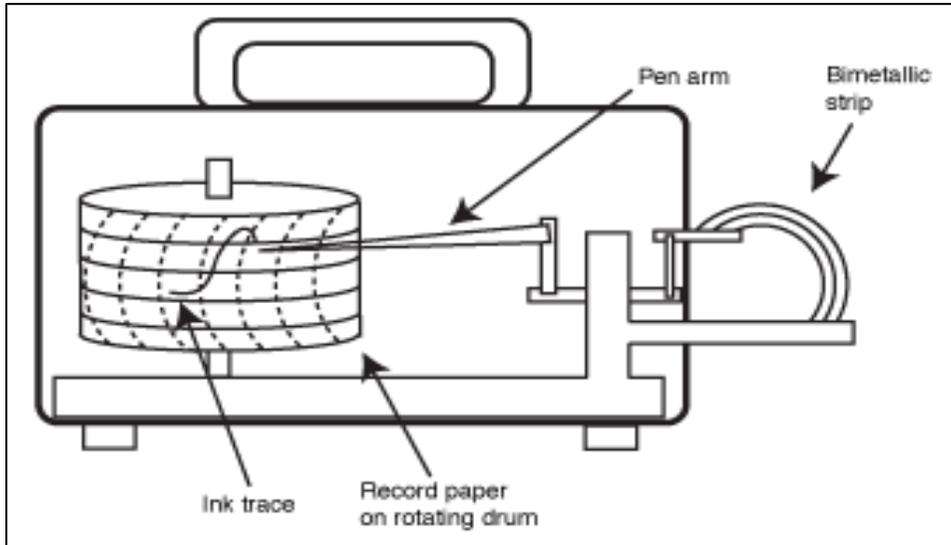
الثرموجراف: Thermograph

الاستخدام:

فكرة الجهاز:

التركيب:

طريقة عمل الجهاز:



الثرموجراف

Soil Thermometer ترمومتر قياس درجة حرارة التربة:
وصف الجهاز

قياس درجة حرارة الهواء داخل الكساء الخصري
وصف الجهاز



ترمومتر قياس درجة حرارة التربة

ثانياً: الاجهزة الخاصة بقياس الرطوبة:

الرطوبة المطلقة **Absolute Humidity** : كمية بخار الماء الموجودة في حجم معين من الهواء عند درجة حرارة معينة.

الرطوبة النسبية **Relative Humidity** : كمية بخار الماء الموجودة في حجم معين من الهواء عند درجة حرارة معينة منسوبة الي كمية بخار الماء التي تشبع نفس الحجم عند نفس درجة الحرارة.

الضغط البخاري **Vapor Pressure** : حركة بخار الماء تحت تأثير درجة الحرارة.

العلاقة بين الرطوبة والضغط البخاري:

$$\% \text{ الرطوبة النسبية} = \frac{\text{الرطوبة الفعلية}}{\text{الرطوبة المشبعة}} \times 100$$

$$\% \text{ الرطوبة النسبية} = \frac{\text{الضغط البخاري الفعلي}}{\text{الضغط البخاري المشبع}} \times 100$$

يحسب النقص في الضغط البخاري كما يلي:

حيث Δ و $\omega = \omega - \omega$

Δ و : الفرق في الضغط البخاري

ω : الضغط البخاري المشبع

ω : الضغط البخاري الفعلي

يحسب الضغط البخاري الفعلي بمعلومية درجة الحرارة من العلاقة الاتية:

$$\omega = \omega - \omega \text{ (ت - ت)}$$

حيث أ : مقدار ثابت = 0.0008 عندما تكون ت₁ اكبر من الصفر المئوي

ض : الضغط الجوي وبساوي 755 مم زئبق

ت: درجة الحرارة من الترمومتر الجاف

ت₁: درجة الحرارة من الترمومتر الرطب

جدول يبين قيم الرطوبة النسبية (ر.ن.) والضغط البخاري الفعلى (و) عند درجات حرارة مختلفة لكل من الترمومتر الجاف والمبيل لجهازي الترمومتر ذو الفقاعة المبلة والجافة والسيكرومتر الدوار التالي ذكرهما

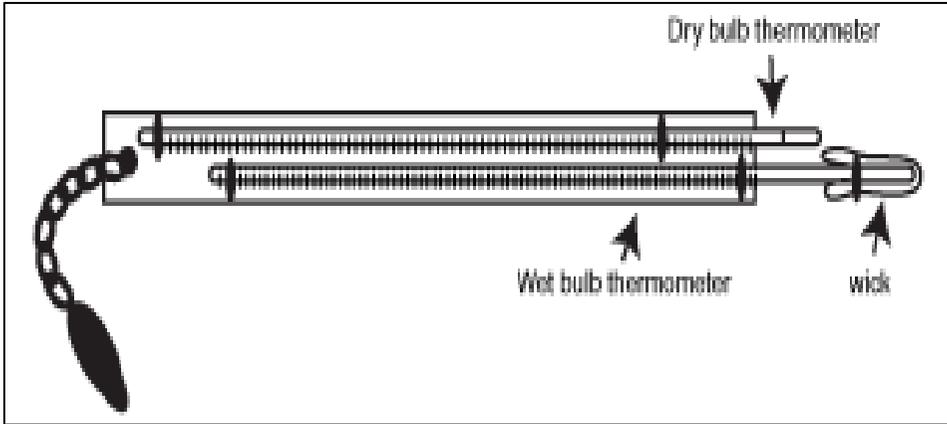
| ت | درجة حرارة الترمومتر المبيل ت ₁ | | 5 | | 10 | | 15 | | 20 | |
|----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|
| | و | رن | و | رن | و | رن | و | رن | و | رن |
| 0 | 100 | 4,6 | | | | | | | | |
| 5 | 25 | 1,6 | 100 | 6,5 | | | | | | |
| 10 | | | 39 | 3,5 | 100 | 9,2 | | | | |
| 15 | | | | | 49 | 6,1 | 100 | 12,7 | | |
| 20 | | | | | 18 | 3,1 | 55 | 9,6 | 100 | 17,4 |

تستخدم العديد من الأجهزة لقياس الرطوبة النسبية ومنها:

جهاز السيكرومتر الدوّار : Psychrometer

الاستخدام: قياس قيم الرطوبة النسبية والضغط البخاري بمعلومية درجة حرارة الجو
فكرة عمل الجهاز: خاصية الطرد المركزي + تأثير الزئبق بالارتفاع والانخفاض في درجة الحرارة.

تركيب الجهاز: عبارة عن ترمومترين أحدهما جاف والآخر حول مستودعه محاط بقطعة من الشاش تبلل بالماء عند الاستخدام والترمومترين مثبتان على لوحة تدور حول محور عند أحد طرفيها (البعيد عن خزان الترمومترين) طريقة عمل الجهاز: عند تحريك الجهاز بسرعة حول محوره نتخلص من الماء الزائد على قطعة الشاش بواسطة الطرد المركزي ولا يتبقى سوى كمية الماء التي تشبع الجو بالرطوبة حول مستودع الترمومتر المبلل. وبأخذ القراءتين لكل من الترمومتر الجاف والمبلل ومن خلال جداول متخصصة يمكن إيجاد الرطوبة النسبية والضغط البخاري الفعلي والمشبع وكذلك الفرق في الضغط البخاري V.P.D.

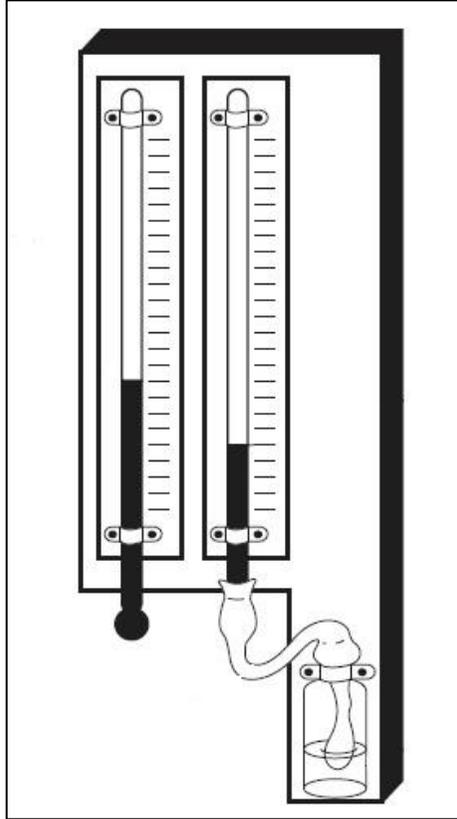


السيكرومتر الدوار

الترمومتر ذو الفقاعة المبللة والجافة:

Wet and dry bulb thermometer

يتركب هذا الترمومتر من نفس المكونات إلا أن اللوحة المثبت عليها الترمومتريين ليس لها محور ويستعاض عن ذلك بأن قطعة الشاش حول الترمومتر المبلل لها طرف يتدلى فى خزان به ماء وتتشرب قطعة الشاش بالماء مما يؤدى إلى تشبع الجو حول المستودع بالرطوبة وتؤخذ القراءتين الرطبة والجافة ومن الجداول السالف ذكرها يمكن أخذ القياسات المطلوبة.



الترمومتر ذو الفقاعة الجافة والرطبة

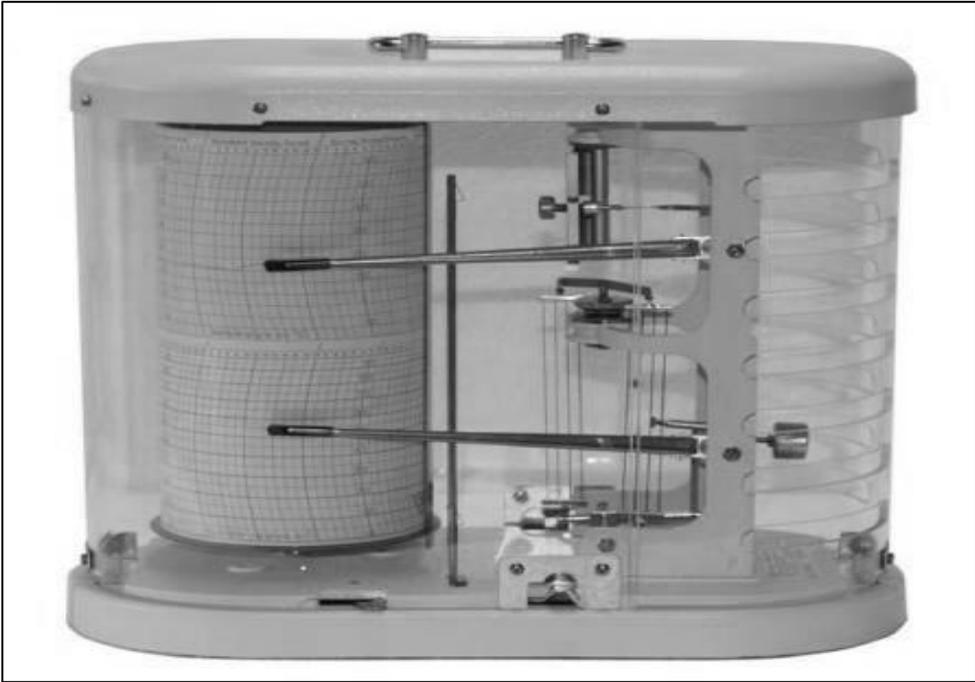
جهاز الهيجروجراف Hygrograph

يتركب الهيجروجراف من نفس المكونات التي يتركب منها جهاز الترموجراف مع اختلاف واحد وهو الاعتماد على تأثير الشعر بالرطوبة لذلك يستعاض عن الساق المعدنية الموجودة في الترموجراف بخصلة من الشعر في الهيجروجراف. كما يوجد ثقل في طرف الذراع البعيد عن الاسطوانة لموازنة تمدد وانكماش خصلة الشعر. ويكون الثقل ذو وزن متناسب مع طول الذراع بحيث لا يؤدي الي تمزق او قطع خصلة الشعر.



الهيجروجراف

ويمكن أن يتجمّع الجهازان فى جهازٍ واحدٍ حيث تكون الاسطوانة طويلة ليوضع عليها ورقتان لقياس كل من الرطوبة ودرجة الحرارة وللجهاز ذراعان والحبر المستخدم من النوع الذى لا يجف إلا بعد فترة طويلة وعند ضبط الجهاز تقاس درجة الحرارة اللحظية بواسطة ثرمومتر مئوى وتضبط درجة الحرارة عن طريق التحكم فى ارتفاع الذراع الخاصة بها ويضبط اليوم والساعة بواسطة لف الاسطوانة ويمكن أيضاً معايرة الرطوبة.

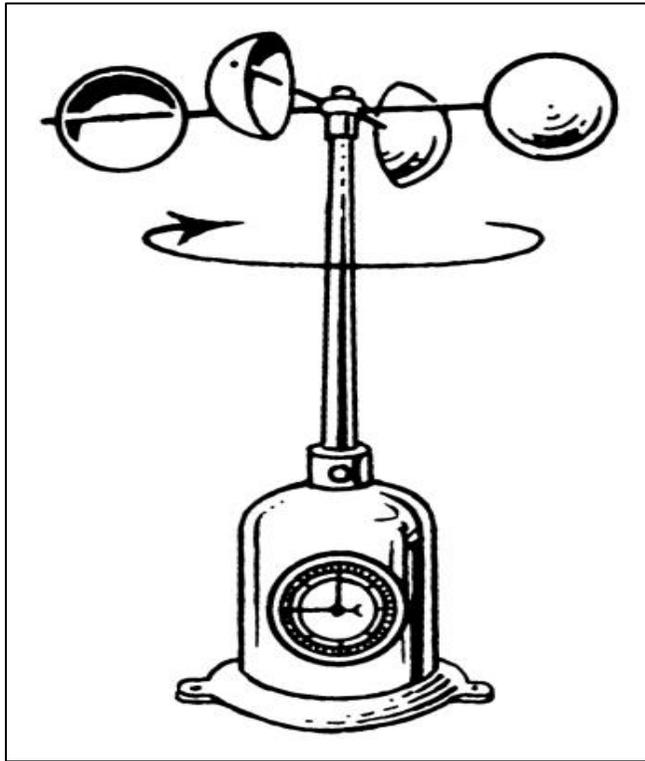


الهيجروثيرموجراف

ثالثاً: جهاز قياس سرعة الرياح: Anemometer

تؤثر الرياح على النبات بصورٍ متباينة فهي قد تقلل درجات الحرارة إذا كان مصدرها منطقة باردة أو ترفع درجات الحرارة إذا كان مصدرها منطقة حارة مما يسبب إجهاداً حرارياً للنبات وأيضاً تزيد معدلات النتح إذا زادت سرعة الرياح.

يستخدم لقياس سرعة الرياح جهاز الانيمومتر الدوّار Anemometer وهو يقدر سرعة الرياح بوحدة المسافة القدم أو المتر/ الثانية ويتكون من مروحة ثلاثية او رباعية الأذرع ينتهي كل ذراع منها بكأس على شكل نصف كرة مثبتة على قائم يمكن التحكم في ارتفاعه عليه عداد سرعة متصل بمروحة الجهاز ويقيس الانيمومتر سرعة الرياح لحظياً.



الانيمومتر

رابعاً: جهاز قياس كمية المطر الساقطة:

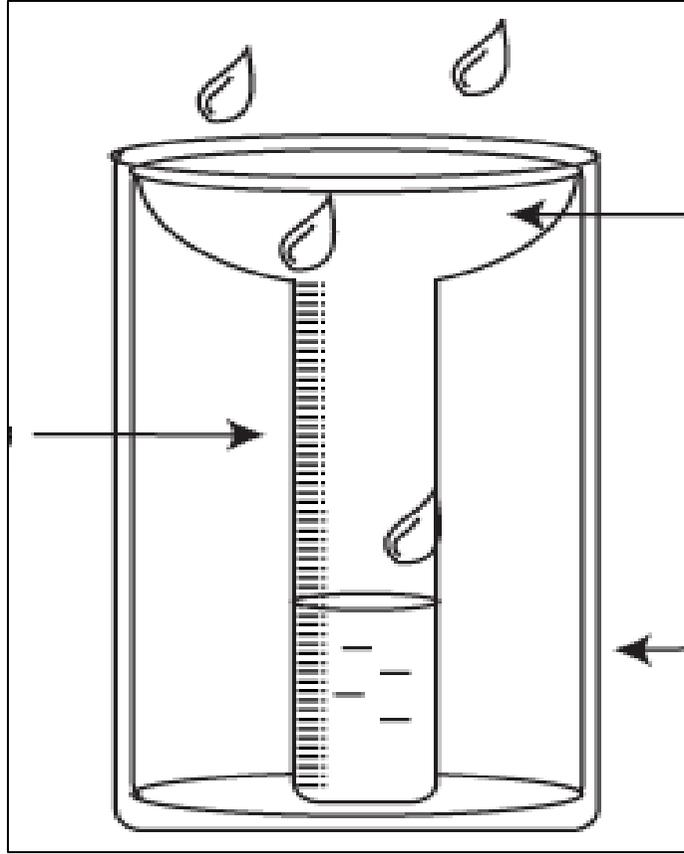
يتم قياس كمية المياه المترسبة أو الساقطة بواسطة جهاز قياس المطر الذي يسمى Rain gauge. وهو عبارة عن وعاء مدرج له فوهة واسعة عن بقية الوعاء مساحة مقطوعها معلومة بالسنتيمترات المربعة.

يقيس هذا الجهاز كمية المطر بالمليترات ويوضع في مكان سقوط المطر ولمدة معلومة من الزمن ثم تحسب كمية المياه المتجمعة فيه وتقسّم على مساحة فتحة الإناء فنحصل على كمية المطر الساقطة على السنتيمتر المربع خلال الزمن الذي ترك فيه الجهاز في مكان سقوط المطر والذي يمكن منه حساب كمية المطر الساقطة على مساحة معينة من الأرض خلال وحدة الزمن (الساعة).

على سبيل المثال لو أن كمية الماء التي تجمعت في مقياس المطر خلال 15 دقيقة كانت 25 سم³ وكانت مساحة مقطع فوهة الجهاز 100 سم² فإن كمية الماء التي تتجمع في الجهاز خلال ساعة من الزمن هي 100 سم³ وبقسمة كمية الماء على مساحة فوهة الجهاز تنتج كمية الماء التي تسقط على 1 سم²/الساعة وبضرب الناتج في مساحة الأرض نحسب كمية الماء الساقطة على مساحة معينة من الأرض ويمكن صياغتها في المعادلة التالية:

$$ك = \frac{\text{كمية الماء المتجمع بالجهاز (سم}^3\text{)}}{\text{مساحة مقطع الفوهة (سم}^2\text{)}} \times \frac{\text{مساحة الارض (سم}^2\text{)}}{\text{الزمن بالساعة}} = \frac{\text{سم}^3/\text{الساعة}}{\text{سم}^2}$$

حيث أن ك هي كمية المطر الساقطة على مساحة ما من الأرض.



جهاز قياس كمية المطر

مسائل

- (1) إذا علم أن الرطوبة النسبية للهواء عند درجة 30°م كانت تساوى 11 % فما هي قيمة الضغط البخارى الفعلى للهواء إذا علم أن الضغط البخارى للماء المشبع عند نفس درجة الحرارة يساوى 31.5 مم.زئبق.
- (2) فى يوم من أيام شهر يوليو وصلت درجة حرارة الهواء فى قنا 45 °م فإذا علم أن النقص فى الضغط البخارى للماء بلغ 31.3 مم.زئبق فما قيمة الرطوبة النسبية للهواء حينئذٍ إذا علم أن الضغط البخارى الفعلى للماء عند نفس درجة الحرارة كان يساوى 23.6 مم.زئبق.
- (3) أوجد الضغط البخارى المشبع وكذلك درجة حرارة الهواء إذا علم أن الرطوبة النسبية تساوى 61% والضغط البخارى الفعلى يساوى 14.3 مم.زئبق.
- (4) يبلغ الضغط البخارى المشبع للهواء عند درجة 55 °م حوالى 12.7 مم.زئبق، فإذا علم أن الضغط البخارى الفعلى لبخار الماء فى ذلك الوقت يساوى 6.1 مم. زئبق فما قيمة النقص فى الضغط البخارى للماء عند نفس درجة الحرارة.
- (5) عند قياس الرطوبة النسبية فى كل من الإسكندرية , قنا و أسوان وجد انها تساوى 55%, 28% و 36% على التوالى فإذا كان الضغط البخارى الفعلى للهواء على التوالى يساوى 9.6 ، 6.6 ، 11.2 مم. زئبق فما هى درجة حرارة الهواء حينئذٍ على المدن الثلاث.
- (6) فى تجربة لقياس كمية المطر, وجد أن كمية الأمطار الساقطة على 20سم² من مساحة فوهة قياس كمية المطر تبلغ 100 سم³ فى زمن قدره نصف ساعة فما هى كمية المطر الساقطة فى الساعة على مساحة 200م² من الأرض.

Edaphic Factors العوامل التربة

تعرضنا لاجهزة العوامل المناخية التي تؤثر مباشرة في الجزء العلوي من النبات وتؤثر بصورة غير مباشرة علي الجزء الارضي من النبات وذلك نتيجة تفاعل العوامل المناخية مع خصائص التربة الفيزيكية والكيميائية وتغييرها لتلك الخصائص ومن ثم لابد من معرفة التربة ومكوناتها المختلفة قياسها.

التربة هي الطبقة السطحية من قشرة الكرة الارضية وتكون مفككة بحيث يستطيع جذر النبات اختراقها ويتفاوت سمكها ما بين ملليمترات الي عشرات الامتار في الصحاري.

تعتبر الصخور هي الاصل في تكون حبيبات التربة بواسطة عمليات التفتت والتعرية والتجوية وفيها تتحطم الصخور الي اجزاء كبيرة ثم الي اجزاء صغيرة.

اولا: دراسة بعض الخصائص الفيزيائية للتربة

يقصد بالصفات الفيزيائية للتربة اي الصفات الطبيعية من حيث قوامها ومساميتها ورطوبتها وسعة تشبعها. ومن اهم الصفات الفيزيائية: قوام التربة - رطوبة التربة - الخاصية الشعرية وحركة الماء بالتربة - سعة التشبع المائي للتربة - مسامية التربة - المادة العضوية بالتربة.

مكونات التربة

تتكون التربة الطبيعية من العديد من المكونات والتي تحدد مدي صلاحية هذه التربة للاستعمار بواسطة النبات ونسبة تواجد هذه العناصر تحدد ايضا نوعية النبات الذي يمكنه التعايش مع هذه المكونات. ومكونات التربة هي:

1. حبيبات التربة Soil Particles : وهي عبارة عن حبيبات معدنية ذات احجام

مختلفة تكون كبيرة في التربة الرملية والتي تنحدر من الحجر الرملي وصغيرة

في التربة الطينية التي اصلها يعود الي الحجر الجيري. يحدد قوام التربة نسبة الحبيبات المختلفة الحجم والتي قسمت حسب احجامها الي:

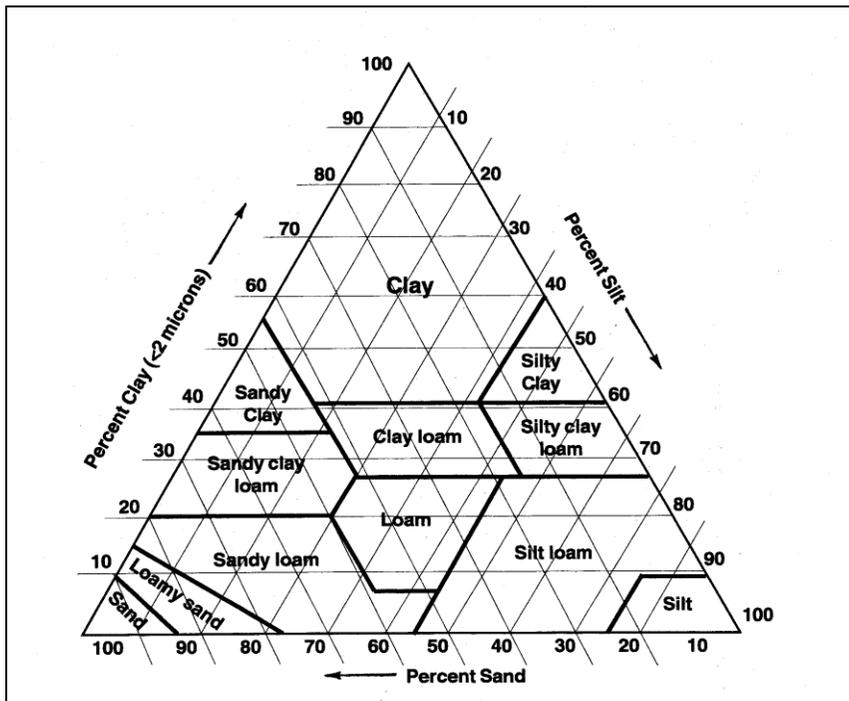
A. حبيبات الرمل الخشن Coarse sand : يتراوح قطر حبيباتها ما بين 2-0.2 مم.

B. حبيبات الرمل الناعم Fine sand : يتراوح قطر حبيباتها ما بين 0.2-0.02 مم.

C. الطمي silt : يتراوح قطر حبيباته ما بين 0.02-0.002 مم.

D. الطين clay : يكون قطر حبيباته اقل من 0.002 مم.

يتحدد نوع التربة من خلال مثلث القوام وهو مثلث متساوي الاضلاع يمثل كل ضلع النسبة المئوية لكل من الرمل والطين والطين %0-100% وتترتب النسب في اتجاه واحد وتقسم مساحة المثلث الي قطاعات تحتوي علي نسب معينة من المكونات الثلاثة لكل قطاع اسم متعارف عليه علميا.



مثلث القوام

الفصل الميكانيكي للتربة: Mechanical analysis of soil

يتم التحليل الميكانيكي للتربة لمعرفة نسب الرمل والصلت والطين حتي يتسني تحديد نوع التربة من خلال مثلث القوام السابق ذكره. يستخدم لذلك جهاز هزاز يحوي سلسلة من المناخل sieves ذات ثقوب مختلفة الاقطار اكبرها من اعلي واصغرها من اسفل. ويتم استقبال التربة المتسربة من اخر منخل في وعاء سفلي.



جهاز المناخل

خطوات العمل:

- اختر ثلاث مناخل قطر ثقبها 0.2 – 0.02 – 0.002 مم علي التوالي وضعها في الجهاز الهزاز.
- اوزن 100 جم تربة ثم ضعها في المنخل العلوي ثم يوضع غطاء الجهاز ثم يوضع على هزاز كهربائي.
- تستمر العملية لمدة 15 دقيقة او حتى تمام عملية النخل.
- اوزن محتوى كل منخل من التربة المتبقية فيه كل علي حدة حيث المنخل العلوي يحتوي علي الرمل الخشن والذي يليه يحتوي الرمل الناعم ثم السلت واخيرا الطين الذي يتجمع في الوعاء السفلي لسلسلة المناخل.
- احسب النسبة المئوية لكل نوع من انواع الحبيبات طبقا للمعادلة الاتية:

$$\% \text{ لكل مكون} = \frac{\text{وزن التربة التي بالمنخل}}{\text{الوزن الكلي للتربة}} \times 100$$

- يسجل قوام التربة المستخدمة بالتجربة والذي يعبر عنه الطبقة الاكثر وزنا.

2. المادة العضوية organic matter : مركبات عضوية ناتجة من تحلل البقايا النباتية (اوراق او جذور) والحيوانية الميتة. يطلق عليها لفظ الدبال وهي اما متحللة كلياً او جزئياً وتلعب دوراً هاماً في خصوبة التربة وتماسكها واحتفاظها بالماء.
3. المحتوي المائي للتربة water content : كمية الماء التي تحتفظ بها التربة
4. الاملاح Minerals : وهي عبارة عن الاملاح الذائبة وغير الذائبة في محلول التربة. وتلعب العناصر الذائبة دوراً هاماً بالنسبة للنبات.
5. هواء التربة soil air : وهو الهواء الذي يشغل المسافات البينية لحبيبات التربة.
6. الكائنات الحية والدقيقة microorganisms : مثل الحشرات والديدان والحيوانات الصغيرة والكائنات الدقيقة من الطحالب والبكتيريا والفطريات.

درجة حرارة التربة:

من العوامل الاكثر اهمية في حياة الكائنات الحية ومنها النبات والذي يعيش في وسطين متباينين. فكما نعلم فان المجموع الجذري يعيش في التربة ويأخذ منها الماء والعناصر اللازمة لحياته. وتتأثر التربة فيزيائياً وكيميائياً بالعوامل الأخرى مما يؤدي الي تأثر النبات بالتغيرات التي تطرأ علي التربة.

أهم هذه العوامل هي درجة الحرارة والتي تؤثر في النبات بداية من مرحلة الإنبات ثم بعد ذلك تؤثر في المجموع الجذري وبالتبعية النبات ككل. من هنا كان الاهتمام بدرجة حرارة التربة والتي تقاس بواسطة ترمومتر قياس درجة حرارة التربة السالف ذكره. مصادر حرارة التربة أشعة الشمس خاصة تحت الحمراء وكذلك الحرارة المنبعثة من تحلل المواد العضوية.

العوامل التي تؤثر في درجة حرارة التربة:

1. لون التربة Soil color

يؤثر لون التربة على معدل امتصاص التربة للحرارة، فالتربة الفاتحة اللون تعكس قدرا لا بأس به من الحرارة الساقطة عليه، بينما تمتص التربة داكنة اللون الجزء الأعظم من الحرارة الساقطة عليها.

ولدراسة تأثير لون التربة على درجة حرارتها نجرى التجربة التالية:

خطوات العمل:

- ضع أربع أنواع من التربة (رملية خشنة – رملية ناعمة – تربة طميية – تربة طينية) كل في علبه من البلاستيك سعة 1 كجم. ثم دعها معرضة لفترة مناسبة لأشعة الشمس.
- قس بعد ذلك درجة حرارة التربة على عمق 2سم بواسطة ترمومتر مئوى ثم دون القراءات وحلل النتائج التي تم الحصول عليها.

النتائج و التعليق :

- = درجة حرارة التربة الرملية الخشنة =
- = درجة حرارة التربة الرملية الناعمة =
- = درجة حرارة التربة الطميية =
- = درجة حرارة التربة الطينية =

2. تأثير محتوى التربة المائي على درجة حرارتها :

يلعب المحتوى المائي للتربة دورا مؤثرا في درجة حرارة التربة لعدة أسباب أولها الحرارة النوعية الكبيرة للماء وتبخر الماء من التربة يؤثر على درجة حرارتها.

ولدراسة تأثير المحتوى المائي للتربة على درجة حرارة التربة نجرى التجربة التالية:

- ضع كمية من نوع واحد من التربة في علبتين من البلاستيك السالف ذكرها ثم بلل إحداها بالماء واتركهما لفترة مناسبة معرضة للشمس.
- قس درجة حرارة كل من التربة المبللة والتربة الجافة ثم دون النتائج واكتب التعليق.

النتائج و التعليق :

درجة حرارة التربة المبللة =

درجة حرارة التربة الجافة =

3. تأثير العمق على درجة حرارة التربة :

تتباين درجة حرارة التربة ما بين النهار والليل حيث تتعرض التربة لأشعة الشمس نهاراً مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة سطحها والذي يؤدي بالتبعية الى تسرب الحرارة إلى الطبقات السفلى، ويحدث العكس ليلاً عند غياب الشمس حيث يبدأ سطح الأرض في فقد الحرارة مما يؤدي إلى التسرب الحرارى العكسى.

لدراسة علاقة العمق بالتغير في درجات الحرارة تجرى التجربة التالية :

- ضع كميات متساوية من نوع واحد من التربة في ثلاث علب بلاستيكية و عرض سطحها فترة مناسبة للإشعاع الشمسى.
- ضع ترمومتراً لقياس درجة الحرارة في كل علبة بحيث تكون الترمومترات الثلاث على أعماق مختلفة وليكن في الأولى على عمق 2سم والثانية على عمق 10سم والثالثة على عمق 15سم.
- عين درجة حرارة الترمومترات الثلاث ودون النتائج.

النتائج و التعليق :

درجة حرارة التربة عند عمق 2 سم =

درجة حرارة التربة عند عمق 10 سم =

درجة حرارة التربة عند عمق 15 سم =

المحتوى المائى للتربة

يتوقف محتوى التربة من الماء على العديد من العوامل أولها المساحات التى يشغلها الماء فى التربة وكذلك حجم حبيبات التربة والذى كلما قل زادت المسافات الشعرية التى تمسك الماء بالخاصية الشعرية ثم كمية الماء الممسوكة بواسطة حبيبات التربة والتى تسمى بالماء الهيجروسكوبى.

من الجدير بالذكر أن أنواع الماء فى التربة ثلاث هى :-

a. الماء الحر (ماء الجاذبية الأرضية): وهو الماء الذى يتحرك تحت تأثير

كثافته ويتسرب الى جوف الأرض بقوة الجاذبية الأرضية.

b. الماء الشعرى: وهو الماء الممسوك بواسطة الخاصية الشعرية.

c. الماء الهيجروسكوبى: وهو الماء الممسوك بتأثير الشحنات الكهربائية لحبيبات

التربة ويحتاج لدرجة حرارة مرتفعة لطرده من التربة.

وطبقاً لنوعية الماء المتواجد بالتربة هناك ثلاث مستويات قياسية للمحتوى المائى

للتربة تسمى بالسعة التشبعية، السعة الحقلية ومعامل (نقطة) الذبول وفى ما يلى سوف

نعين محتوى التربة الفعلى من الماء ثم نجرى ثلاث تجارب لتعيين سعات التربة

القياسية من الماء.

أولاً: تعيين المحتوى المائى الفعلى للتربة :

الأدوات المستخدمة :- تربة رملية واخري طينية – علب ألومنيوم – ميزان حساس – فرن كهربائى – مجفف.

خطوات العمل :-

- خذ علبة ألومنيوم بغطائها ثم اغسلها جيداً بماء الصنبور ثم جففها وأوزن العلبة وهى فارغة ونظيفة.
- املا العلبة بالتربة الرطبة ثم أوزنها وعين وزن التربة الرطب وذلك بطرح وزن العلبة وهى فارغة من الوزن الكلى.
- ضع العلبة مكشوفة فى فرن التجفيف لمدة عند 105° م لمدة 24 ساعة حتى يتم تبخير محتواها من الماء.
- أخرج العلبة من الفرن وغطها ثم ضعها فى المجفف لتبرد ثم عين وزنها.
- ضعها مرة أخرى فى الفرن لمدة نصف ساعة ثم أخرجها ودعها لتبرد ثم عين الوزن حتى تحصل على وزنتين متتاليتين ثابتتين وحينئذٍ احسب وزن التربة الجاف.
- احسب المحتوى المائى للتربة من المعادلة التالية :-

$$\text{المحتوى المائى للتربة} = \frac{\text{وزن التربة الرطبة} - \text{وزن التربة الجافة}}{\text{وزن التربة الجافة}} \times 100$$

النتائج و التعليق :

تعيين المستويات القياسية لمحتوى التربة المائي

أولاً : تجربة تعيين السعة التشبعية للتربة :-

المقصود بالسعة التشبعية للتربة كمية الماء التي تشغل كل الفراغات البينية الموجودة فى التربة.

الأدوات المستخدمة :

صندوق هيلجارد – ورق ترشيح – ميزان – حوض به ماء – فرن كهربى – تربة رملية وأخرى طينية.

خطوات العمل :

- قص ورقة ترشيح بقدر مساحة قاعدة صندوق هيلجارد المثقبة ثم زنها جافة وكذلك وهى مبللة.
- اوزن الصندوق بغطائه وهو جاف ونظيف.
- املا الصندوق حتى قرب الحافة بحوالى 1سم بالتربة الرملية أو الطينية.
- ضع الصندوق فى حوض به ماء بحيث يصل مستوى الماء الى منتصف صندوق هيلجارد واتركه لمدة 24 ساعة.
- اخرج الصندوق من الحوض واتركه لمدة نصف ساعة حتى تتسرب المياه الزائدة عن السعة التشبعية.
- أوزن الصندوق وبه التربة المبللة ثم عين وزن التربة المبللة وحدها وذلك بطرح وزن الصندوق ووزن ورقة الترشيح وهى مبللة من الوزن الكلى.
- ضع الصندوق وبه التربة فى الفرن الكهربى عند درجة 105° م ولمدة 24 ساعة.

- اخرج الصندوق من الفرن وضعه فى المجفف ليبرد ثم عين وزن التربة الجافة وذلك بطرح وزن الصندوق وهو فارغ ووزن ورقة الترشيح وهى جافة من الوزن الكلى.
- احسب النسبة المئوية للمحتوى المائى للتربة عند سعتها التشبعية باستخدام المعادلة التالية :

$$100 \times \frac{\text{وزن التربة الرطبة} - \text{وزن التربة الجافة}}{\text{وزن التربة الجافة}} = (\%) \text{ السعة التشبعية}$$

(كرر التجربة مع أنواع مختلفة من التربة)

النتائج والتحليل :

ثانياً : تجربة تعيين السعة الحقلية للتربة :

تعرف السعة الحقلية للتربة علي انها المحتوي المائي للتربة بعد تسرب ماء الجاذبية الأرضية.

الأدوات المستخدمة:

أنبوبة زجاجية مفتوحة الطرفين – قطعة شاش – خيط – حامل - علبة ألومنيوم – ميزان – فرن – مجفف – تربة.

خطوات العمل :

- غطى أحد طرفي الأنبوبة بقطعة من الشاش وأربط حواف الشاش حول جسم الأنبوبة من الخارج جيداً بواسطة الخيط.
- ضع كمية مناسبة من التربة فى الأنبوبة وهزها برفق حتى لا يكون هناك فراغات كبيرة بين حبيبات التربة ثم علق الانبوبة فى حامل بحيث تكون عمودية على سطح الأرض.
- ضع كمية مناسبة من الماء بحيث تكفى لغمر عمود التربة ثم اتركها لمدة 24 ساعة.
- اترك الطبقة السطحية التى تعرض مأوها لشيء من التبخير ثم خذ عينات على أعماق مختلفة.
- عين وزن التربة الرطب ثم ضعها فى الفرن عند درجة 105 °م ولمدة 24 ساعة ثم عين الوزن الجاف للتربة.
- احسب السعة الحقلية للتربة من المعادلة التالية :

$$100 \times \frac{\text{وزن التربة الرطبة} - \text{وزن التربة الجافة}}{\text{وزن التربة الجافة}} = (\%) \text{ السعة الحقلية}$$

(كرر التجربة مع أنواع مختلفة من التربة)

النتائج والتحليل :

ثالثاً : تجربة تعيين معامل (نقطة) الذبول :

المقصود بنقطة الذبول هو محتوى التربة من الماء بعد أن يستهلك النبات الماء المتاح له.

الأدوات المستخدمة :

بذور نبات عباد الشمس – ثلاثة أصص – كيس بلاستيك كبير – أنواع مختلفة من التربة – علب ألومنيوم – فرن ميزان – مجفف.

خطوات التجربة :

- ازرع ثلاث بذور من نبات عباد الشمس فى ثلاثة أصص بها أنواع مختلفة من التربة بحيث تكون البذور على عمق نصف سنتيمتر من سطح التربة.
- أروى التربة بكمية ماء مناسبة لتوصلها الى السعة الحقلية وداوم على ذلك حتى تنبت البذور وتعطى ثلاثة أزواج من الأوراق الأصلية.
- أوقف الري حتى تذبل النباتات وذلك بأن حافة الأوراق تأخذ فى الانثناء ثم انقل الأصيص الى داخل الكيس البلاستيك وضع معه كأس زجاجى صغير به ماء ليشتبع الوسط ببخار الماء واقفل الكيس واتركه فى الضوء. إذا استعاد النبات حيويته دعه بدون رى مرة أخرى وكرر الخطوة السابقة حتى تجد أن النبات لا يستطيع استعادة حيويته، أى وصل الى درجة الذبول الدائم.
- اقلع النباتات من الأصيص ثم اقلب محتواه من التربة فى وعاء واخلط التربة جيداً ثم خذ كمية من التربة خالية من الشعيرات الجذرية فى علبه ألومنيوم نظيفة وجافة معلومة الوزن ثم عين الوزن الرطب للتربة.
- ضع العينة فى الفرن عند 105° م لمدة 24 ساعة ثم أخرجها من الفرن وضعها فى المجفف لتبرد , بعدها عين الوزن التربة الجاف.
- احسب معامل الذبول من المعادلة التالية :

$$100 \times \frac{\text{وزن التربة الرطبة} - \text{وزن التربة الجافة}}{\text{وزن التربة الجافة}} = \text{معامل الذبول (\%)}$$

النتائج والتحليل :

مسائل

مثال :

عند غمر تربة وزنها 300 جم بكمية من الماء وزنها 100 جم وجد أن نسبة الماء الحر فيها يساوى 6% من وزن التربة وأن وزن الماء الهيجروسكوبى = 6 جم. فأوجد مقدار الماء المتاح الذى يستفيد منه النبات المزروع فى هذه التربة علماً بأن معامل الذبول لهذه التربة = 12 جم. وكذلك الماء الشعرى.

الحل :

$$\text{كمية الماء الحر} = 300 \times \frac{6}{100} = 18 \text{ جم.}$$

$$\text{كمية ماء السعة الحقلية} = 100 - 18 = 82 \text{ جم.}$$

$$\text{الماء الشعرى} = 100 - (6 + 18) = 76 \text{ جم.}$$

$$\text{كمية الماء المتاح} = 82 - 12 = 70 \text{ جم.}$$

1) فى تجربة لتعيين السعة الحقلية للتربة (أ) اخذ 20 جم من التربة الرطبة وجففت فى الفرن وكان وزنها بعد التجفيف 16 جم ولتعيين السعة التشبعية لتربة أخرى (ب) اخذ 30 جم من التربة وجففت فكان وزنها بعد التجفيف 20 جم احسب السعة الحقلية للتربة (أ) والسعة التشبعية للتربة (ب). وإذا علم أن السعة التشبعية للتربة (أ) هى 60% من وزن التربة وأن السعة الحقلية للتربة (ب) هى 40% فما هى كمية الماء الحر فى كلتا التربتين.

(2) رويت تربة بالماء وبعد 24 ساعة أُخذت عينة منها ووزنت فكان وزنها وهى جافة 30جم ومقدار الماء المتبخر بعد وضعها فى الفرن 9جم فما هى كمية الماء الموجودة فى التربة عند وصولها لنقطة الذبول. إذا علم أن مساحة الأرض 60سم² وعمق الجذور فيها 15سم وكثافة التربة 1.35 وأن كمية الماء المتاحة تساوى 243سم³ .

(3) كم تمتد جذور نبات ما زرع فى تربة كمية الماء المتاحة فيها تمثل 20% من وزن التربة أى حوالى 7 لتر , علماً بأن كثافة التربة 1.35 وأن طولها يساوى عرضها = 100 سم وما هو مقدار الفقد اليومي إذا عُلم أن النباتات تذبل بعد عشرة أيام.

(4) مجموعة من النباتات منزرعة فى أرض صحراوية ذبلت بعد 15 يوماً من سقوط الأمطار فإذا كان مقدار الفقد اليومي = 1% من وزن التربة فما هى نقطة ذبول هذه النباتات إذا علم أن وزن التربة = 300كجم. وأن سعتها الحقلية = 20% من وزن التربة.

(5) إذا كان الماء الهيجروسكوبى لتربة ما يساوى 2% من وزنها فما هى كمية الماء الشعرى الغير متاحة للنبات إذا علم أن كمية الماء الموجودة فى التربة عند ذبول النباتات المنزرعة بها تبلغ 5% من وزن التربة وما هى السعة الحقلية لهذه التربة إذا علم أن وزنها = 200 كجم وأن الماء المتاح للنبات = 25 لتراً.

(6) إذا علم أن السعة الحقلية لتربة مزروعة بالنباتات = 25% من وزن التربة وأن الماء الشعرى الغير متاح كان 7% من وزن التربة وكمية الماء التى تترك الجفین على هيئة بخار تبلغ 5 لترات، الفقد اليومي يساوى ثلاثة لترات فكم تبلغ نقطة الذبول لهذه النباتات، وبعد كم يوماً إذا علم أن وزن التربة يساوى 420 كجم.

(7) سقطت كمية من الأمطار على أرض صحراوية فكان مقدار استفادة النبات منه يمثل 20% من وزن التربة. فإذا علم أن الماء الهيجروسكوبى فى هذه التربة

يمثل 2% من وزن التربة، فما هي كمية الماء الشعري التي لن يستفيد منها النبات إذا علم أن السعة الحقلية للتربة تساوي 25% من وزنها، وأن وزن التربة 2400 كجم. وما هي نقطة الذبول لتلك النباتات.

(8) زرعت مساحة معينة من الأرض تبلغ 200م² وكان عمق الجذور فيها 20سم وكثافتها 1.35 وسقطت عليها كمية من الأمطار بلغت 100 لتراً، وبعد 24 ساعة ترسبت كمية من الماء الساقط تبلغ ستة لترات. بعد عشرين يوماً تعرضت النباتات المنزرعة للذبول الدائم وكانت كمية الماء الشعري الغير متاح للنبات حوالى عشرة لترات. أوجد كمية الماء الشعري الذى يستفيد منها النبات وكذلك مقدار الفقد اليومي علماً بأن الماء الهيجروسكوبى يساوى عشرة لترات.

(9) تربة لها سعة حقلية تبلغ 25% من وزنها، فإذا كان مقدار كمية الماء المتبقى عندما تصل إلى نقطة الذبول يساوى 9% من وزن التربة، فما هي كمية الماء المتاحة للنبات وكم يوماً تبقى هذه الكمية متاحة للنبات إذا كان مقدار الفقد اليومي 12 سم³ وأن مساحة هذه التربة 50 سم² وعمق الجذور فيها 10سم وكثافة التربة 1.35.

(10) ما هي كمية الماء التي يمتصها النبات من التربة فى اليوم إذا علم أن السعة الحقلية للتربة تبلغ 25% من وزنها ويصل النبات إلى نقطة الذبول والتي تساوى 12% من وزن التربة بعد عشرة أيام علماً بأن مقدار الفقد اليومي بالتبخير حوالى 500 سم³ وأن وزن التربة يبلغ 80 كجم.

(11) إذا علم أن مقدار ما يمتصه النبات فى اليوم الواحد يساوى مقدار ما تفقده التربة بالتبخير، فما هو عدد الأيام اللازمة حتى يصل النبات إلى نقطة الذبول إذا كان مقدار الماء عندها يساوى ثلث كمية الماء عند السعة الحقلية والتي تساوى عشرة لترات أى حوالى 40% من وزن التربة علماً بأن الفقد بالتبخير يساوى 0,35% من وزن التربة يومياً.

12) رويت قطعة أرض بالغمر وبعد 15 يوماً ذبلت النباتات وقدرت كمية الماء الموجودة بها حينئذ فكانت 5% من وزن التربة 33,75 لتراً فإذا كانت كمية الماء الحر في التربة = 52,5 لتراً وطول ضلع قطعة الأرض = 200 سم وعرضها = 100 سم وكانت كثافة التربة 1.35. احسب كمية الماء التي يستخدمها كل نبات في اليوم الواحد وكذلك عمق الجذور علماً بأن عدد النباتات هو 50 نباتاً وأن السعة التشبعية للتربة 35% من وزن التربة.

13) أخذت عينة من تربة عند سعتها الحقلية فكان وزن التربة 65 جم. وبعد التجفيف كان 50 جم فإذا كانت مساحة هذه الأرض 5000 سم² وكثافتها 1.35. احسب العمق الذي يشغله الماء الشعري علماً بأن نقطة الذبول = 5% من وزن التربة أي 15 لتراً والتي تصلها الأرض بعد 12 يوم وما هو مقدار الفقد اليومي.

14) قدر الماء الهيجروسكوبي لتربة ما فكان 2% من وزن التربة أي 16 لتراً فإذا كانت السعة الحقلية 25% ونقطة الذبول 5% من وزن التربة. احسب كمية الماء الشعري الكلي في التربة وما مساحة هذه الأرض إذا كان عمق الجذور 37.037 سم وكثافتها 1.35.

15) تربة لها سعة حقلية تساوي 25% من وزنها أي حوالى 10000 لتراً ونقطة الذبول فيها تبلغ 5% فما هي مساحة الأرض إذا كانت كثافتها 1.35 وعمق الجذور فيها يساوي 29 سم. وما كمية الماء الشعري المتاح وكم عدد الأيام حتى تصل التربة إلى نقطة الذبول إذا كان الاستهلاك اليومي = 800 سم³/اليوم.

التحليل الكيميائي لمحلول التربة

تلعب العناصر الذائبة فى ماء التربة دوراً حيوياً فى حياة النبات حيث يكون منها العناصر الأساسية اللازمة للعمليات البيولوجية داخل النبات وكذلك يكون البعض الآخر ضاراً أو قاتلاً ومحدداً لوجود النبات فى تربة ما. وحيث أن النبات يعتمد بقوة على الخاصية الأسموزية لإمتصاص الماء وما يلزمه من عناصر ذائبة فى محلول التربة , فإن أى زيادة فى تركيز عنصر واحد أو عدد من العناصر فى محلول التربة قد يؤدي إلى إحداث خلل فى معدلات الامتصاص مما يسبب ضغطاً على النبات. لذلك سوف نقوم بتقدير تركيزات بعض الأيونات المهمة للنبات فى مستخلص التربة والتي يمكن تقديرها أيضاً فى النبات لدراسة العلاقة بين تركيزات هذه الأيونات فى محلول التربة وتواجد النبات فى هذه التربة ولفهم كيفية مقاومة النبات أو تفاديه للتركيزات العالية منها.

من أشهر الأملاح المتواجدة فى التربة كلوريد الصوديوم , كبريتات الصوديوم و كربونات الكالسيوم و الماغنسيوم وهناك العديد من الأملاح المعدنية الأخرى الذائبة ويلعب الرقم الهيدروجيني دوراً أساسياً فى معدلات ذوبان الأملاح.

أولاً : تقدير حموضة التربة

يعبر عن حموضة التربة بالرقم الهيدروجيني pH وهو عرّف بأنه اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين النشطة فى محلول التربة. تقدر حموضة التربة باستخدام جهاز pH meter . وتعتمد فكرة عمل الجهاز على قياس فرق الجهد بين طرفين كهربائيين يوجدان داخل قطب زجاج وهو الجزء الحساس للجهاز. اذا اعطى الجهاز قراءة أقل من رقم 7 فتعتبر التربة حامضية أما اذا اعطى قراءة اعلى من 7 فتعتبر التربة قلوية.



جهاز pH meter

ثانياً: تقدير كمية الأملاح الكلية الذائبة في محلول التربة :-

الأدوات المستخدمة:

2 دورق مخروطى سعة 500 سم³, قمع, ورق ترشيح, ميزان, جفنة للتجفيف, مجفف, فرن, ماصة والتربة المراد قياس الأملاح فيها.

خطوات العمل:

- أوزن 50 جم من التربة وضعها فى دورق مخروطى نظيف ثم صب عليها 250 سم³ من الماء المقطر ثم رج الدورق بحركة دائرية لمدة نصف الساعة حتى تذوب الأملاح القابلة للذوبان.
- اترك الدورق على المنضدة لمدة ربع الساعة حتى تترسب حبيبات التربة.

- ضع ورق ترشيح فى القمع بعد تنظيفه وضع القمع على الدورق الأخر ثم رشح المحلول وإن كان الرشيح عكراً أعد الترشيح لتحصل على محلول رائق.
- انقل بواسطة الماصة 50سم³ من المستخلص إلى الجفنة بعد تنظيفها وتجفيفها ومعرفة وزنها وهى فارغة.
- ضع الجفنة فى الفرن عند 105 °م ولمدة 24 ساعة حتى يتبخر الماء تماماً من الجفنة ثم أخرجها من الفرن وضعها فى المجفف لتبرد.
- أوزن الجفنة والأملاح ثم ضعها مرةً أخرى فى الفرن لمدة نصف ساعة ثم أخرجها لتبرد فى المجفف وأعد وزنها لتحصل على وزنتين متتاليتين ثابتتين وهذا يعنى أن الماء تبخر تماماً من الجفنة.
- اطرح وزن الجفنة من الوزن الكلى للجفنة والأملاح ثم احسب النسبة المئوية للأملاح الكلية الذائبة بتطبيق المعادلة التالية:

$$100 \times \frac{250}{50} \times \frac{\text{وزن الاملاح بالجفنة}}{\text{حجم المستخلص المأخوذ}} = (\%) \text{ للاملاح الكلية الذائبة}$$

النتائج والتعليق :

مسائل

(1) عند وزن كمية الأملاح المتبقية في الجفنة بعد تجفيف 50 سم³ من مستخلص التربة وجد أنها تساوى 0.6 جم. فما هي نسبة التخفيف لهذا المستخلص؟ وكم تبلغ كمية الأملاح الكلية لهذه التربة والتي وزنها 125 كجم. إذا علم أن النسبة المئوية للأملاح في هذه التربة تساوى 4.8 % من وزن التربة.

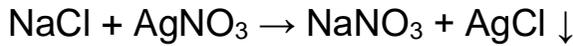
(2) عند تعيين النسبة المئوية للأملاح الكلية الذائبة في تربة ما وجد أنها تساوى 0.7 % من وزن التربة أى حوالى 77 جم. فما هو عمق جذور النباتات المزروعة في هذه الأرض إذا علم أن مساحتها تساوى 1000 سم² وكثافتها تساوى 1.35. (3) في تجربة لتعيين كمية الأملاح الذائبة أخذ 20 سم³ من المستخلص الذى حُضِر برج 50 جم تربة في 250 سم³ وجففت في جفنة في الفرن وبطريقة التوصيل الكهربى وجد أن النسبة المئوية للأملاح الذائبة في التربة هي 15 % فما هو وزن كمية الأملاح المتبقية في الجفنة بعد التجفيف.

(4) عُمرت تربة بالمياه ثم أخذت عينات من التربة بعد الغمر مباشرة، بعد يوم من الغمر ثم أخذت عينة عند بداية موت النباتات وقُدرت النسب المئوية للمحتوى المائى للعينات الثلاث فكانت 35 %، 25 % و 5 % من وزن التربة على التوالى فإذا كانت النسبة المئوية لكمية الأملاح الكلية في تلك التربة تساوى 0.25 % من وزن التربة أى حوالى 50 كجم. احسب كمية الماء عند كل من السعة التشبعية، السعة الحقلية و نقطة الذبول. وإذا استنفذ الماء الشعرى المتاح للنبات خلال عشرين يوماً فما هي كمية الماء التي يستفيد منها النبات في اليوم الواحد إذا كان معدل الإنتاج و التبخير يمثلان 60 % من الاستهلاك اليومي.

تقدير النسبة المئوية لبعض الأيونات الهامة للنبات

تقدير النسبة المئوية للكلوريدات الذائبة فى مستخلص التربة :-

يعتبر أيون الكلوريد من الأنيونات الشهيرة فى محلول التربة نتيجة لتوافر بعض الأملاح التى يمثل الكلوريد الشق الحامضى فيها مثل كلوريدات الصوديوم , الكالسيوم و الماغنسيوم وغيرها من أملاح الكلوريدات. تعتمد فكرة تقدير الكلوريدات على ترسيبها فى صورة كلوريد الفضة طبقاً للمعادلة التالية :



وكلوريد الفضة عبارة عن راسب ابيض ولمعرفة نقطة النهاية لتفاعل أيون الفضة مع الكلوريد تستخدم كرومات البوتاسيوم كدليل حيث أنها تتفاعل مع نترات الفضة بعد استنفاد الكلوريدات وتعطى راسباً برتقالياً يدل على استنفاد الكلوريدات.

الأدوات والمحاليل المطلوبة:

مستخلص التربة – نترات الفضة (01.0 ع) – دليل كرومات البوتاسيوم – ورق مخروطى سعة 250 مل – ماصة – سحاحة – حامل سحاحة – قمع

خطوات العمل :-

- انقل بواسطة الماصة 10مل من المستخلص الذى حضر برج 50 جراماً من التربة فى 250مل ماء مقطر أى بدرجة تخفيف (1-5) إلى ورق مخروطى نظيف.
- ضع 1سم³ من دليل كرومات البوتاسيوم إلى المستخلص ولاحظ أن المحلول يكون فى هذه الحالة لونه أصفر.

- عاير مستخدماً نترات الفضة (0.01ع.) حتى يتم ترسيب كلوريد الفضة في صورة راسب أبيض وعند تكون راسب برتقالي من كرومات الفضة أوقف المعايرة حيث أن الكلوريد استنفذ.
- احسب حجم نترات الفضة ثم كرر المعايرة ثلاثاً واحسب متوسط حجم نترات الفضة وليكن (س).
- احسب النسبة المئوية للكلوريدات الذائبة في مستخلص التربة.

الحسابات :

$$\begin{aligned} \text{الوزن المكافئ من نترات الفضة} & \equiv \text{الوزن المكافئ من الكلوريدات} \\ 1 \text{ لتر (1ع.) من نترات الفضة} & \equiv 35.46 \text{ جم من الكلوريدات} \\ 1 \text{ مل. (1ع.) من نترات الفضة} & \equiv 0.03546 \text{ جم من الكلوريدات} \\ 1 \text{ مل. (0.01ع.) من نترات الفضة} & \equiv 0.0003546 \text{ جم من الكلوريدات} \end{aligned}$$

$$\text{النسبة المئوية للكلوريدات} = \frac{\text{س} \times 0.0003546}{\text{حجم المستخلص المأخوذ}} \times \frac{250}{50} \times 100$$

النتائج والتعليق:-

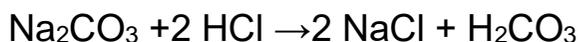
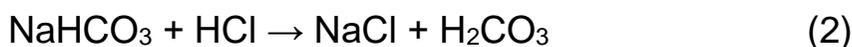
مسألة

قدرت كمية الكلوريدات في 10 مل من مستخلص التربة الذي حُضر برج 50 جم من التربة في 200 سم³ ماء مقطر فكانت كمية نترات الفضة (0.01 ع) المأخوذة هي 10.58 سم³ فإذا كان وزن الكلوريدات في التربة الكلية حوالي 30 كيلوجرام وعمق الجذور في التربة 13.82 سم فما مساحة الأرض التي كانت كثافتها 1.35 وما هي كمية الماء الشعري المتاح إذا كانت نقطة الذبول تساوي 5% والسعة الحقلية 25% من وزن التربة.

تقدير النسبة المئوية للكربونات والبيكربونات الذائبة في مستخلص

التربة:

توجد الكربونات التي يكون شقها القاعدى أحادى التكافؤ وكذلك البيكربونات بكافة صورها فى صورة ذائبة فى مستخلص التربة ويمكن تقديرها بواسطة حمض الهيدروكلوريك الذى يتفاعل مع الكربونات على مرحلتين فيحولها الى بيكربونات فى المرحلة الأولى ثم يحولها والكربونات الأصلية الى حمض الكربونيك وهو حامض ضعيف يتحلل إلى ثانى اكسيد الكربون والماء وتكون معادلة التفاعل كالتالى :



المحاليل والأدوات المستخدمة:-

مستخلص تربة - حمض هيدروكلوريك (0.1ع) - دليل الفينولفثالين - دليل الميثيل البرتقالى - 2دورق مخروطى - قمع - سحاحة - ماصة.

خطوات العمل :-

- حضر مستخلص من أنواع مختلفة من التربة وبنسبة تخفيف معلومة ولتكن (1:5).
- خذ 25 مل من مستخلص التربة ثم خففها بحوالى 30 مل من الماء المقطر ثم أضف قطرات قليلة من دليل الفينولفثالين.
- عاير بواسطة حمض الهيدروكلوريك (0.1ع) حتى يزول اللون الأحمر واحسب حجم حمض الهيدروكلوريك المستهلك فى أكسدة الكربونات الى بيكربونات وليكن (س).

- أضف الى نفس المستخلص بضع قطرات من دليل الميثيل البرتقالى ثم أكمل المعايرة حتى يتحول اللون البرتقالى الى اللون الأحمر.
- احسب الحجم المستهلك لأكسدة البيكربونات الأصلية والبيكربونات الناتجة من أكسدة الكربونات فى المرحلة الأولى وليكن (ص).
- احسب النسبة المئوية لكل من الكربونات الذائبة والبيكربونات.

الحسابات

أولاً: الكربونات $(CO_3)^{2-}$

| | | |
|-----------------------------|---|-------------------------------------|
| الوزن المكافىء من الكربونات | ≡ | الوزن المكافىء من حمض الهيدروكلوريك |
| الوزن الجزيئى للكربونات / 2 | ≡ | الوزن المكافىء من حمض الهيدروكلوريك |
| 30 جم من الكربونات | ≡ | 1 لتر (ع1) من حمض الهيدروكلوريك |
| 0.03 جم من الكربونات | ≡ | 1 مل (ع1) من حمض الهيدروكلوريك |
| 0.003 جم من الكربونات | ≡ | 1 مل (ع0.1) من حمض الهيدروكلوريك |

وحيث أن الحجم المستهلك من حمض الهيدروكلوريك لأكسدة الكربونات نصف أكسدة هو (س). فإن الحجم اللازم لأكسدة الكربونات أكسدة كاملة هو (2س) وتحسب النسبة المئوية للكربونات الذائبة من المعادلة التالية :

$$(\%) \text{ للكربونات} = \frac{0.003 \times س2}{25} \times \frac{5}{1} \times 100$$

النتائج والتعليق:-

ثانياً : البيكربونات (HCO_3^-)

الوزن المكافىء من البيكربونات \equiv الوزن المكافىء من حمض الهيدروكلوريك
61 جم من البيكربونات \equiv 1 لتر (ع1) من حمض الهيدروكلوريك
0.061 جم من البيكربونات \equiv 1 مل (ع1) من حمض الهيدروكلوريك
0.0061 جم من البيكربونات \equiv 1 مل (ع0.1) من حمض الهيدروكلوريك

وحيث أن الحجم المستهلك من حمض الهيدروكلوريك فى المرحلة الثانية دخل فى أكسدة نصف الكربونات بالإضافة الى البيكربونات الأصلية ومن ثم فإن الحجم المستهلك فى أكسدة البيكربونات الأصلية هو (ص- س) ويتم حساب النسبة المئوية للبيكربونات من المعادلة التالية :

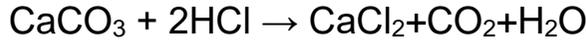
$$100 \times \frac{5}{1} \times \frac{0.0061 \times (\text{ص} - \text{س})}{25} = (\%) \text{ للبيكربونات}$$

النتائج والتعليق :-

تقدير الكربونات الكلية فى التربة بطريقة معادلة الحمض

تستخدم هذه الطريقة لتقدير النسبة المئوية للكربونات الكلية سواء كانت قابلة للذوبان مثل كربونات الصوديوم والبوتاسيوم أو شحيحة الذوبان مثل كربونات الكالسيوم والماغنسيوم.

تعتمد هذه الطريقة على إضافة حجم معين من حمض الهيدروكلوريك الأعلى فى عياريته من المستخدم فى التجربة السابقة مع التسخين ثم معايرة الزيادة من الحمض بهيدروكسيد الصوديوم معلوم العيارية. ويتم التفاعل طبقاً للمعادلة الكيميائية التالية:



المحالييل والأدوات المستخدمة:

حمض الهيدروكلوريك (0.5ع) - هيدروكسيد الصوديوم (0.5ع) - دليل الفينول
فثالين - 2 دورق مخروطى (250 مل) - ماصة - سحاحة - قمع - ورق
ترشيح - ميزان - زجاجة ساعة - تربة من أنواع مختلفة.

خطوات العمل:

- أوزن خمس جرامات من تربة رملية أو ثلاث جرامات من تربة طينية جافة وضعها فى دورق مخروطى نظيف.
- أضف بواسطة الماصة 25مل من حمض الهيدروكلوريك (0.5ع) إلى الدورق الذى به التربة ثم غطى فوهة الدورق بزجاجة الساعة بحيث يكون الوجه المحدب من أسفل.
- سخن بحذر حتى الغليان لمدة خمس دقائق تقريباً ثم بَرِّد المحلول.

- رشح فى الدورق الثانى مع غسل التربة بالماء المقطر حتى ينزل كل الحمض الزائد الى الرشيع ثم أضف بضع قطرات من دليل الفينولفثالين ويكون الوسط فى هذه الحالة عديم اللون.
- عادل كمية الحمض الزائدة بواسطة هيدروكسيد الصوديوم (0.5ع) وذلك عند ظهور اللون الأحمر ولتكن كمية هيدروكسيد الصوديوم المستهلكة هى (س) وبذلك يكون الحجم المستهلك من الحمض فى أكسدة الكربونات الكلية هو (25 - س).

الحسابات

$$\begin{aligned} \text{الوزن المكافئ للكربونات} & \equiv \text{الوزن المكافئ لحمض الهيدروكلوريك} \\ 30 \text{ جم من الكربونات} & \equiv 1 \text{ لتر (1ع) من حمض الهيدروكلوريك} \\ 15 \text{ جم من الكربونات} & \equiv 1 \text{ لتر (0.5ع) من حمض الهيدروكلوريك} \\ 0.015 \text{ جم من الكربونات} & \equiv 1 \text{ مل (0.5ع) من حمض الهيدروكلوريك} \end{aligned}$$

احسب النسبة المئوية للكربونات الكلية من المعادلة التالية :

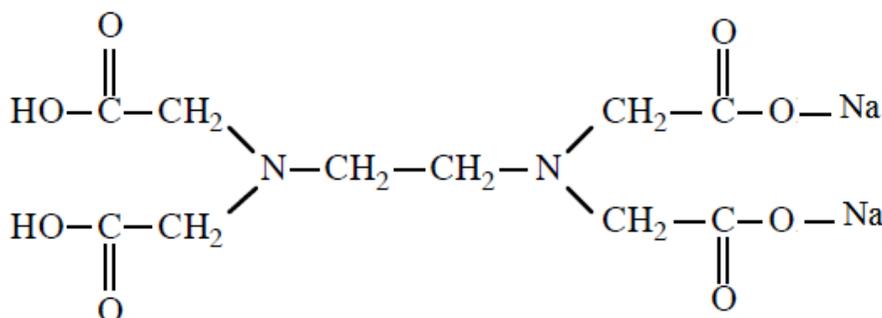
$$(\%) \text{ للكربونات الكلية} = \frac{0.015 \times (25 - \text{س})}{\text{وزن التربة}} \times 100$$

النتائج والتعليق:-

تقدير النسبة المئوية للكالسيوم والماغنسيوم فى مستخلص التربة

(بطريقة الفيرسين)

يعتبر الكالسيوم و الماغنسيوم من العناصر الهامة للنبات وتلعب دوراً فى عملية الأسموزية وأيضاً قد يحد البوتاسيوم من تأثير سمية الصوديوم داخل الخلية النباتية. تستخدم الإدتا أو الفيرسين (المح الصوديومى للإيثيلين ثنائى الأمين رباعى الخليك) لتقدير الكالسيوم فقط وذلك فى وجود دليل الميروكسيد ويقدر الكالسيوم والماغنسيوم معاً فى وجود دليل إيروكروم بلاك تى. وبذلك يكون الفرق فى حجم الفيرسين بين المعايرة الأولى والثانية هو الحجم المستهلك فى تقدير الماغنسيوم.



مركب الادتا (ايتلين ثنائى الامين رباعى حمض الخليك ثنائى الصوديوم)

أولاً : تقدير الكالسيوم :

الادوات والمحاليل المستخدمة:

مستخلص تربة - محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (10%) - محلول الفيرسين

(0.01ع) - دليل الميروكسيد - ورق زجاجى (250 مل) - ماصة - سحاحة -

ماء مقطر

خطوات العمل:

- انقل بالماصة 10 مل من المستخلص إلى دورق مخروطى نظيف ثم أضف إليها 50 مل من الماء المقطر.
- أضف 2 مل من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (10%) اتبعها بإضافة 0.3 جم من دليل الميروكسيد ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر.
- عاير مستخدماً محلول الفيرسين (0.01ع) حتى يتحول اللون إلى البنفسجى عند نقطة النهاية.
- احسب الحجم المستهلك لمعايرة الكالسيوم فقط (ح1) ثم احسب النسبة المئوية للكالسيوم فى محلول التربة.

الحسابات:

- الوزن المكافئ من الفيرسين \equiv الوزن المكافئ من الكالسيوم
- 1 لتر (1 ع) من الفيرسين \equiv 2/40 جم من الكالسيوم
- 1 مل (1ع) من الفيرسين \equiv 0.02 جم من الكالسيوم
- 1 مل (0.01 ع) من الفيرسين \equiv 0.0002 جم من الكالسيوم

$$100 \times \frac{5}{1} \times \frac{0.0002 \times 1 \text{ ح}}{\text{حجم المستخلص}} = (\%) \text{ للكالسيوم}$$

النتائج والتعليق:-

ثانياً : تقدير الكالسيوم والماغنسيوم:

الادوات والمحاليل المستخدمة:

مستخلص تربة – محلول الفيرسين (0.01ع) - محلول الأمونيا المنظم - محلول
كبريتيد الصوديوم (2%) - محلول هيدروكسيل أمين (1%) - دليل إيروكروم
بلاك تى.

خطوات العمل :

- انقل بالماصة 10 مل من المستخلص إلى ورق مخروطى نظيف ثم أضف إليها 50 مل من الماء المقطر.
- أضف 5مل من محلول الأمونيا المنظم اتبعها بإضافة 1مل من محلول كبريتيد الصوديوم، خمس قطرات من محلول هيدروكسيل أمين ثم عشر قطرات من محلول إيروكروم بلاك تى ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر الفاتح.
- عاير مستخدماً محلول الفيرسين (0.01ع.) حتى يتحول اللون إلى الأزرق عند نقطة النهاية.
- احسب الحجم المستهلك لمعايرة الكالسيوم والماغنسيوم معاً (ح2).
- اطرح (ح1) من (ح2) واحسب النسبة المئوية للماغنسيوم فى محلول التربة.

الحسابات:

| | | |
|---------------------------|---|-----------------------------|
| الوزن المكافئ من الفيرسين | ≡ | الوزن المكافئ من الماغنسيوم |
| 1 لتر (1 ع) من الفيرسين | ≡ | 2/24 جم من الماغنسيوم |
| 1 مل (1ع) من الفيرسين | ≡ | 0.012 جم من الماغنسيوم |
| 1 مل (0.01 ع) من الفيرسين | ≡ | 0.00012 جم من الماغنسيوم |

$$100 \times \frac{5}{1} \times \frac{0.00012 \times (1\text{ح} - 2\text{ح})}{\text{حجم المستخلص}} = (\%) \text{ للماغنسيوم}$$

النتائج والتعليق:-

تقدير النسبة المئوية للفوسفور في مستخلص التربة :

يعتبر الفوسفور من العناصر الأكثر أهمية في حياة النبات حيث يلعب دوراً حيوياً في العمليات البيولوجية داخل الخلايا الحية. حيث يدخل في عمليات التنفس وجزئيات ATP و NADP.

يقدر الفوسفور بترسيبه على هيئة فوسفات باستخدام موليبيدات الأمونيوم والتي تتفاعل مع الفوسفور وتكوّن راسب أصفر من فوسفوموليبيدات الأمونيوم ويذاب هذا الراسب في زيادة من هيدروكسيد الصوديوم ثم تُقدّر الزيادة من هيدروكسيد الصوديوم والتي لم تتفاعل مع فوسفوموليبيدات الأمونيوم بواسطة حمض الهيدروكلوريك.



الأدوات والمحاليل المستخدمة:

كأس 250 مل - سحاحة - ماصة - ورق مخروطي 250 مل - قمع - ورق ترشيح - ماء مقطر - حمض الهيدروكلوريك (0.1ع). - محلول هيدروكسيد الصوديوم (0.1ع). - أمونيا - محلول موليبيدات الأمونيوم (5%) - حمض النيتريك المركز - دليل الفينولفثالين.

خطوات العمل :

- انقل بالماصة 5مل من مستخلص التربة إلى كأس زجاجي نظيف ثم خففها بإضافة 25مل من الماء المقطر.
- أضف 5مل من محلول الأمونيا ثم أضف 10مل من حامض النيتريك المركز وسخن حتى الغليان.

- أضف 25 مل من محلول موليبيدات الأمونيوم (5%) ورج المحلول ثم اتركه لمدة نصف الساعة حتى يتم ترسيب الفوسفور فى صورة راسب أصفر من فوسفوموليبيدات الأمونيوم.
- رشح المحلول ثم اغسل الراسب بالماء المقطر ثم انقل القمع وبه ورقة الترشيح التى عليها الراسب إلى دورق معيارى اثقب قاع ورقة الترشيح وأذب الرشيح تماماً فى حجم معلوم من محلول هيدروكسيد الصوديوم (0.1ع). وليكن 25 مل.
- أضف ثلاث نقط من دليل الفينولفتالين ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر ثم عاير بواسطة حمض الهيدروكلوريك (0.1ع). حتى نقطة اختفاء اللون (النهاية).
- احسب الحجم المستهلك من حمض الهيدروكلوريك (0.1ع). والذى يعادل الزيادة من هيدروكسيد الصوديوم (0.1ع). ثم احسب الحجم المستهلك من هيدروكسيد الصوديوم فى إذابة فوسفوموليبيدات الأمونيوم ثم قدر النسبة المئوية للفوسفور.

الحسابات :

يتفاعل جزيء واحد من فوسفوموليبيدات الأمونيوم $[(NH_4)_3PO_4 \cdot 12MoO_3]$ والذى وزنه الجزيئى 1877 مع 23 جزيء من هيدروكسيد الصوديوم والذى وزنه الجزيئى 40 .

1877 جم من فوسفوموليبيدات الأمونيوم \equiv 920 جم من هيدروكسيد الصوديوم

1 جم من هيدروكسيد الصوديوم \equiv $\frac{1877}{920}$ جم من فوسفوموليبيدات الأمونيوم

1 جم من هيدروكسيد الصوديوم \equiv $\frac{31}{1877} \times \frac{1877}{920}$ جم من الفوسفور.

أى $\frac{31}{920}$ جم من الفوسفور

بضرب الطرفين $\times 40$

∴ 40 جم من هيدروكسيد الصوديوم $\equiv \frac{31}{23}$ أى 1.35 جم من الفوسفور.

∴ 1 لتر (1ع.) من هيدروكسيد الصوديوم $\equiv 1.35$ جم من الفوسفور.

∴ 1 مل (1ع.) من هيدروكسيد الصوديوم $\equiv 0.00135$ جم من الفوسفور.

∴ 1 مل (0.1ع.) من هيدروكسيد الصوديوم $\equiv 0.000135$ جم من الفوسفور.

$$100 \times \frac{5}{1} \times \frac{\text{حجم NaOH المستهلك} \times 0.000135}{\text{حجم المستخلص المأخوذ}} = (\%) \text{ للفوسفور}$$

النتائج والتعليق

تقدير النسبة المئوية للمادة العضوية فى التربة

يدل وجود المادة العضوية على اكتمال بناء التربة وتتفاوت درجة تحلل المادة العضوية فى التربة ما بين أجزاء نباتية كاملة وأخرى متحللة جزئياً أو كلياً وتسمى هذه المواد المتفاوتة فى درجة تحللها بالدبال وهى ذات لون داكن وتحسن من خصائص التربة.

يمثل الكربون الجزء الأكبر من مكونات المادة العضوية أى حوالى 55-58% من وزنها وتعتمد طريقة تقدير المادة العضوية على أكسدة الكربون العضوى بعامل مؤكسد قوى وهو حامض الكروميك الناتج من إضافة حمض الكبريتيك المركز الى بيكرومات البوتاسيوم. ونظراً لتفاوت درجة تحلل المادة العضوية وكذلك تركيبها المعقد فإن أقصى درجات الأكسدة لا تتعدى 77% من الكربون العضوى.

الأدوات والمحاليل المستخدمة:

أنواع مختلفة من التربة - ثلاث دوارق مخروطية سعة 500مل - ماصة - سحاحة - قمع - مخبر مدرج سعة 50مل - ورق ترشيح - محلول قياسي (1ع.1) من بيكرومات البوتاسيوم - حمض الكبريتيك المركز - ماء مقطر - حمض الفوسفوريك المركز - دليل داي فينيل أمين - كيريتات حديدوز نشادرية.

خطوات العمل :

- أوزن ثلاث جرامات من التربة الطينية المنخولة ثم ضعها فى دورق مخروطى 500مل وخمس جرامات من التربة الرملية فى دورق مخروطى آخر.

- ضع بدقة 10مل من بيكرومات البوتاسيوم (1ع.1) فى دورق التربة الطينية ومثلها فى دورق التربة الرملية ثم أضف 10مل ثالثة الى الدورق الفارغ

- ليكون (بلانك) والذي بواسطته يمكن معرفة عيارية كبريتات الحديدوز النشادرية.
- أضف بحدٍ و ببطءٍ 20مل من حمض الكبريتيك المركز بواسطة المخبار المدرج على جدران كل دورق من الدورق الثلاث ثم رج الدورق رجاً دائرياً.
- اترك الدورق على المنضدة لمدة 25 دقيقة حتى يستقر المحلول ويبدأ فى أكسدة المادة العضوية.
- أضف 200مل من الماء المقطر للتخفيف واستغلال الحرارة الناتجة من التخفيف فى إسراع عملية الأكسدة ثم اترك الدورق على المنضدة لمدة 5 دقائق.
- أضف 10مل من حمض الفوسفوريك المركز ثم 1مل من دليل الداى فينيل أمين ولاحظ تكون لون أزرق قدر (لون النيله).
- عاير بدقة مستخدماً كبريتات الحديدوز النشادرية حتى يتحول اللون الى الأخضر الزيتوني فجأة (لذلك توخى الحذر عند تحديد نقطة النهاية).
- احسب الكمية المستهلكة من كبريتات الحديدوز لمعادلة الزيادة من حمض الكروميك (إذا استهلك أكثر من 8مل من الكروميك فى عملية الأكسدة أعد التجربة مع كمية أقل من التربة).
- احسب النسبة المئوية للكربون العضوى وكذلك المادة العضوية من الحسابات التالية.

الحسابات:

(ملحوظة) يجب أولاً حساب العيارية الفعلية لكبريتات الحديدوز النشادرية وذلك بمعلومية الحجم المستهلك منها للتفاعل مع 10 مل من بيكرومات البوتاسيوم فى حالة بلانك وذلك باستخدام المعادلة الكيميائية

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

ثم تعديل حجم كبريتات الحديدوز النشادرية بحيث تكون عياريتها (ع1) وذلك للتطبيق فى معادلة تقدير الكربون العضوى.

ل1 (ع1) من بيكرومات البوتاسيوم \equiv ل1 (ع1) من كبريتات الحديدوز النشادرية الحجم المستخدم من كبريتات الحديدوز النشادرية فى معايرة بلانك = ح1.
الحجم المستخدم من كبريتات الحديدوز النشادرية فى معايرة الزيادة من بيكرومات البوتاسيوم = ح2.

حجم بيكرومات البوتاسيوم المستهلكة فى أكسدة المادة العضوية = ح1 - ح2.
وحيث أن 1مل من البيكرومات يؤكسد 0.003 جم من الكربون العضوى وأن كفاءة التجربة لا تتعدى 77% فإن المعادلة تكون كالتالى :

$$100 \times \frac{77}{100} \times \frac{0.003 \times (ح2 - ح1)}{\text{وزن التربة}} = (\%) \text{ للكربون العضوي}$$

وحيث أن الكربون العضوى يمثل 58% من المادة العضوية فإن :

$$100 \times \frac{100}{58} \times \frac{77}{100} \times \frac{0.003 \times (ح2 - ح1)}{\text{وزن التربة}} = (\%) \text{ للمادة العضوية}$$

النتائج والتعليق:-

| التوقيع | تعليق مدرس العملى | اسم التجربة |
|---------|-------------------|--|
| | | دراسة أجهزة قياس العوامل المناخية |
| | | الخواص الفيزيائية للتربة وعلاقتها بدرجة الحرارة |
| | | تحديد المحتوى المائى الفعلى للتربة |
| | | تحديد النسبة المئوية لسعة التربة الحقلية |
| | | تحديد النسبة المئوية لسعة التربة التشبعية |
| | | تحديد النسبة المئوية لمعامل الذبول للتربة |
| | | تقدير النسبة المئوية للأملاح الكلية الذائبة فى محلول التربة |
| | | تقدير النسبة المئوية للكلوريدات الذائبة فى محلول التربة |
| | | تقدير النسبة المئوية للكربونات والبيكربونات الذائبة فى محلول التربة |
| | | تقدير النسبة المئوية للكربونات الكلية فى التربة |
| | | تقدير النسبة المئوية لأيونات الكالسيوم والماغنسيوم الذائبة فى محلول التربة |
| | | تقدير النسبة المئوية لأيونات الفوسفور الذائبة فى محلول التربة |
| | | تقدير النسبة المئوية للكربون العضوى والمادة العضوية فى التربة |



يختص علم Algology بدراسة مجموعة من الكائنات الحية ذاتية التغذية وهى الطحالب كما يسمى هذا العلم Phycology حيث Phykos هى كلمة اغريقية (يونانية) معناها الأعشاب البحرية او الحشائش Seaweeds و logy معناها العلم.

تعتبر الطحالب **Algae (المفرد Alga)** من أقدم الكائنات الحية وأهمها وقد وجدت لها حفريات منذ ملايين السنين، ومازالت هذه الطحالب تدهش الإنسان بالفوائد الكثيرة والاكتشافات الجديدة التي يمكن أن تؤديها، فأشكالها ووظائفها وأنواعها المختلفة وخصائص كلا منها وأماكن معيشتها وأهميتها وكيفية التعرف عليها وكل جانب من هذه الجوانب هو ميدان خصب للبحث والتأمل .

نظراً لما للطحالب من أهمية بيئية كبيرة حيث أنها تعتبر المنتج الأساسي والحلقة الأولى ضمن السلسلة الغذائية (Food chains) الموجودة في المياه والتمثلة في البحار والمحيطات حيث تتغذى عليها كثير من الأسماك الصغيرة والحيوانات الدقيقة والعوالق (planktons) وذلك نظرا لوجود الصبغات الخضراء والتي تسمى اليخضور (الكلوروفيل chlorophyll) وصبغات أخرى لذلك تعتبر ذاتية التغذية (Autotrophic) أي أنها تصنع غذائها بنفسها ومن هنا تكمن أهميتها التي وهبها الله إياها، حيث أنها تلعب دورا بيئيا مهما في المياه مماثلا لذلك الدور الذي تلعبه النباتات الخضراء على اليابسة، إلى جانب دورها الأساسي في إنتاج الأوكسجين الجوي في تلك المياه.

الصفات العامة للطحالب

١- الطحالب هي مجموعة من النباتات اللازهرية الثالوسية ، والنباتات اللازهرية هي نباتات لاتكون أزهارا ، أما النباتات الثالوسية فهي النباتات اللازهرية التي يتكون جسمها من ثالوس Thallus ، أي لا يتميز تركيبها إلى جذور وسيقان وأوراق حقيقية ، وهي تشمل الطحالب والفطريات.

٢- تمتاز الطحالب باحتوائها على صبغة الكلوروفيل الخضراء ، ولذا فهي ذاتية التغذية ، أي تقوم ببناء المواد الكربوهيدراتية من ثاني أكسيد الكربون والماء والطاقة المستمدة من الشمس وذلك بمساعدة مادة الكلوروفيل.

٢- الطحالب هي أبسط الكائنات ذاتية التغذية ضوئياً ، تتدرج في أحجامها من صغيرة ميكروسكوبية إلى كبيرة جدا تصل إلى عشرات الأمتار طولا ، تغلب عليها المعيشة المائية ، قد تكون ميكروسكوبية طافية وتعرف الهائمات النباتية Phytoplankton وقد تكون مثبتة على سطح صلب.

٤- يوجد من الطحالب أكثر من 25.000 ألف نوع، وهي تعيش إما على سطح الماء أو في أعماقه، حيث توجد في كل مصادر المياه التي تتعرض لأشعة الشمس. بينما توجد كميات قليلة من الطحالب في التربة أو على السطوح المعرضة للهواء والضوء. تنتشر الكائنات المجهرية الطافية في الماء فرادى أو في مستعمرات ويطلق عليها مجتمعة بلانكتون Plankton وتشكل الطحالب المجهرية الطافية نسبة كبيرة من النباتات المجهرية الطافية Phytoplankton والحيوانات المجهرية الطافية Zooplankton.

٥- تقوم بعملية البناء الضوئي (Photosynthesis) وهي أهم عملية على وجه الأرض والتي تؤدي إلى تكوين الكربوهيدرات والسكريات التي تنتج نتيجة اتحاد CO_2 والماء وذلك بمساعدة الضوء والطاقة المستمدة من الشمس مما يؤدي إلى انطلاق الأكسجين وخاصة أثناء ساعات النهار الذي يساعد في تنفس جميع أنواع الكائنات المائية، كما أنه يساعد في منع التعفن وذلك بتشجيع نشاط البكتيريا الهوائية أكثر من اللاهوائية، بالإضافة إلى حصول بعض هذه الكائنات على المواد العضوية منها ولذلك تقوم الطحالب بتجديد الأكسجين في المياه، ولهذا تعتبر الطحالب جزءاً أساسياً ومهماً في دورة حياة الكائنات الحية المائية. غير أن متوسط عملية التمثيل الضوئي في الطحالب والنباتات الخضراء أكبر من متوسط عملية التنفس، لذلك كمية الأكسجين التي تحررها تلك الطحالب أكثر مما تستهلكه وبالتالي يكون امتصاصها لثاني أكسيد الكربون أكثر. ومن هنا يتضح أن المواد التي تنتجها الطحالب خلال عملية التمثيل الضوئي هي في الأصل كربوهيدرات والتي تستعمل إما في عملية التنفس أو في بناء مواد الخلية أو يتم تخزينها على شكل نشا وفي بعض الأحيان على شكل زيوت، بينما تكون الكائنات المائية الأخرى غير قادرة على إنتاج هذه المواد لذا فهي تعتمد على الطحالب والنباتات الأخرى في

عملية الحصول على المواد العضوية. لهذا تلعب طحالب المياه العذبة والمالحة دوراً هاماً في حفظ التوازن الغازي علي سطح الارض.

في ضوء تقسيم المملكة النباتية الذي وضعه Bold سنة 1956 تم وضع الطحالب في ثمانية أقسام. القسم الأول هو قسم الطحالب الزرقاء المخضرة ويحتوي على أبسط الطحالب تركيباً وأقلها تطوراً إذ أن خلاياها تحتوي على نواة بدائية في حين أن نواة خلايا الأقسام الأخرى من النوع الحقيقي. تبنى تقسيمات الطحالب أساساً على نوع الصبغات الموجودة بها ، أيضاً على الصفات الحيوية الأخرى ومنها نوع الغذاء المخزن بخلاياها وتركيب الجدار.

٦- للفصائل المختلفة للطحالب درجات حرارة صغرى ومثلى وعظمى تنمو فيها، كذلك يؤثر الرقم الهيدروجيني للمياه تأثيراً كبيراً على تنوع أعداد وأجناس الطحالب

٧- وتتفاوت أجناس الطحالب في حجمها وشكلها تفاوتاً كبيراً ما بين أجناس دقيقة الحجم لا ترى بالعين المجردة وأجناس أخرى يصل أمتداد خلاياها إلى عدة أمتار.

٨- ولأهمية وجود الصبغات في خلايا الطحالب وخاصة الكلوروفيل بأنواعه (Chlorophyll a, b, &c) يتم تقسيم الطحالب إلى مجاميع اعتماداً على نوع الصبغات أو الصبغات المساعدة Pigments and Pigment accessories المميزة لكل مجموعة. هذا بالإضافة إلى التقسيم المبدئي من حيث أحتواء خلاياها على نواة حقيقية وبذلك تسمى Eukaryotic cells أو عدم أحتوائها على نواة حقيقية حيث تنتشر المادة الوراثية لها في سيتوبلازم الخلية وتسمى هذه المجموعة Prokaryotic cells (والتي تضم أجناس مجموعة الطحالب الخضراء المزرققة فقط). كما أن الطحالب لها القدرة على التعايش في بيئات مختلفة وتحت ظروف بيئية مختلفة ولكنها تسود في البيئة المائية سواء البحرية أو المياه العذبة.

٩- تحاط خلايا الطحالب بجدار خلية سميك يتكون أساساً من السليولوز مع وجود بعض المركبات الأخرى مثل البكتين وكربونات الكالسيوم . يكون البكتين عند بعض الأنواع مشبعاً بمادة السليكا كما في Diatoms أو بكربونات الكالسيوم كما في Charophyta مما يعطى للجدار قساوة عالية.

ومن هنا يتضح ما لهذه الطحالب من أهمية استدعت وأوجبت علينا دراستها وزراعتها وإعطائها جانباً كبيراً من الأهمية والغرض من دراستها ما يلي:

- ١- تعريف الأنواع والوقوف على تغيراتها المورفولوجية.
- ٢- دراسة دورات الحياة وذلك لما لها من أهمية في علم التقسيم.
- ٣- دراسة فسيولوجية الطحالب، والتي تهدف إلى التعرف على متطلبات النمو.
- ٤- دراسة الأنواع المفيدة منها وذلك لاستخدامها كغذاء.
- ٥- استخدام بعض أنواعها كمؤشر لاختبار نقاوة المياه.

أماكن تواجد الطحالب

فى الغالب تعيش الطحالب وتنتشر فى جميع الأماكن والبيئات (Habitats) التى تصلح لأى صورة من صور الحياة خاصةً البيئات المائية كالمياه العذبة وشبه الملحية والملحية وشديدة الملوحة حيث تعتبر الرطوبة أو المحتوى المائى من أهم العوامل البيئية اللازمة لمعيشة وانتشار وتكاثر الطحالب وتمكنها من إكمال دورة حياتها. ويمكن للبعض منها العيش فى مختلف أنواع التربة (البيئة الأرضية) خاصة المبللة وأحياناً الجافة والقاحلة والصخور. والقليل جداً منها قادر على الحياة فى بعض البيئات الخاصة أو الغير عادية كالهواء الرطب أو المشبع ببخار الماء (البيئة الهوائية) أو الثلوج (البيئات الثلجية المتجمدة) حيث درجات الحرارة المنخفضة جداً والعكس أيضاً حيث يمكن لبعض الطحالب التكيف مع البيئات شديدة الحرارة (Thermophylic) كالفوارات أو العيون المائية الساخنة. ويمكن تقسيمها تبعاً لأماكن تواجدتها الى:

١- طحالب مائية (العذبة -المالحة) Aquatic algae

توجد الطحالب بأعداد كبيرة فى المياه المالحة والعذبة وبرك المياه الراكدة والبحيرات، ويوجد العديد منها فى الأماكن الرطبة أو على الصخور. تشكل الطحالب وحيدة الخلية معظم الهائمات النباتية Phytoplankton وتغطي الأسطح المائية فى المحيطات، ويرجع ذلك إلى أن الخلايا المفردة ذات أسطح ماصة كبيرة مما يساعدها على امتصاص كمية أكبر من الغذاء فى الأوساط الفقيرة فى الغذاء مثل المحيطات بالمقارنة بالتربة التى توجد بها نسبة عالية من الطحالب الخيطية متعددة الخلايا

٢- طحالب التربة soil algae Vaucheria

وهى الطحالب التى تعيش أو تتواجد على أو تحت الطبقة السطحية للتربة ويجب توافر قدر معين من الماء أو الرطوبة بين حبيبات التربة ولو على فترات إضافة لتواجد بعض العناصر والأملاح اللازمة لمعيشتها. وتنقسم طحالب التربة طبقاً للعمق إلى نوعين رئيسيين هما الطحالب السطحية (Sapophytes or Epiterranean) والطحالب شبه السطحية: (Cryptophytes or Subterranean) ١- الطحالب السطحية (Sapophytes or Epiterranean): والتى تتعرض فيها الطحالب مباشرة للضوء والهواء والغازات أو للغلاف الجوى. ومن أهم الطحالب والمجموعات الطحلبية التى تم تسجيلها فى التربة السطحية من الطحالب الخضراء المزرقة Cyanophyta

(Gloeocapsa, Anabaena, Nostoc, Oscillatoria, Lyngbya, Scytonema & Calothrix)،

وكذلك من الطحالب الخضراء Chlorophyta

(Cosmarium, Closterium & Ulothrix)

ومن الطحالب الخضراء المصفرة مثل Vaucheria إضافة لبعض الطحالب العسوية الذهبية "Diatoms" ومن أشهرها Navicula & Nitzschia. ومن الطحالب السطحية الخاصة (Subaerial) تلك التى تعيش على أسطح قلف الاشجار الرطب (corticolous). خلايا معظم طحالب التربة تمتلك تركيب خاص لحمايتها ويساعدها على مقاومة الأحوال أو الظروف البيئية المختلفة مثل جدار خلية خاص و/ أو غمد مخاطى (غلاف هلامى) سميك وملون وبروتوبلازم لزج لمقاومة درجات الحرارة العالية وتفاوتها وتحمل الجفاف والملوحة العالية والظروف الأخرى الغير مناسبة. تنمو هذه الطحالب فى أماكن ضعيفة الإضاءة نوعاً أو الظليلة Aphotic zone. وتتم دورة حياتها وتكاثرها عندما تتوفر لها المياه أو الرطوبة بصورة متاحة وكافية للقيام بالعمليات الحيوية. أما فى غياب المياه فتعتمد هذه الطحالب على التكاثر اللاجنسى بتكوين الجراثيم (Spores) المختلفة ومنها الجراثيم الساكنة ((Resting spores أو التكاثر الخضرى بالتجزؤ أو التفتت (Fragmentation). وقد تبقى الجراثيم ساكنة فى التربة لمدة طويلة مثل جراثيم طحلب Nostoc التى تستطيع فى بعض الأحيان البقاء كامنة ومحتفظة بحيويتها حتى بعد مرور ٧٠ عاماً لقدرتها الكبيرة على تحمل الجفاف. التربة المنزرعة تكون مناسبة أكثر لنمو الطحالب الأرضية عن

الأراضي غير المنزرعة نظراً لتوفر مياه الري على فترات متعاقبة إضافة إلى وجود السماد العضوي والمخصبات الزراعية المحتوية على الحديد من العناصر الغذائية "مثل النيتروجين، الفوسفور، البوتاسيوم والسيليكون" اللازمة لنمو الطحالب عامةً والدياتومات خاصةً.

تتأثر طحالب التربة السطحية بمستوى الأس الهيدروجيني pH وعموماً الطحالب الخضراء تفضل التربة الحمضية (Acidic soil) أو التي يتراوح الأس الهيدروجيني (pH) ما بين ٣,٧ و ٥) بينما تفضل الطحالب الخضراء المزرقمة والدياتومات التربة القاعدية Basic soil ذات الأس الهيدروجيني الأعلى من ٧ (pH >7).

٢- Cryptophytes (الطحالب شبه السطحية Subterranean): والتي توجد فيها الطحالب تحت طبقة سطحية رقيقة من التربة (enedaphic) لا يصلها ضوء كافى قد تصل فى بعض الأحيان إلى متران على أقصى تقدير لذا تبقى الطحالب غالباً فى حالة سكون. وقد تعيش بالطبقة العميقة من التربة أو بين طبقة الصخور السفلية (hypolithic) أو تشققاتها (chasmolithic) وقد تخترق الصخور وتعيش بداخلها (endolithic).

ويعتمد وجود الطحالب فى الجزء السفلى من المنطقة تحت السطحية على عدة عوامل منها:

- الزراعة: حيث تتوفر المياه، المخصبات، الأسمدة الكيميائية والمبيدات الفطرية والبكتيرية.

- صرف المياه: حيث إمكانية وصول الرطوبة للأعماق من عدمه مع صرف الزائد منها منعاً للتعفن.

- وجود حيوانات الرعى: كمصدر للسماد العضوى (السباخ البلدى) الملىء بالعناصر الأساسية الكبرى والصغرى التى تزيد من خصوبة التربة.

- حيوية الطحالب: أو قدرتها على البقاء حية (محتفظة بحيويتها) لمدة طويلة.

- حركتها: حيث قدرتها على الحركة وانتقالها خلال هذه الطبقات تساعدها على الانتشار.

- مسامية وتهوية التربة: تفيد فى التهوية وتبادل الغازات ودخول أشعة الضوء.

- تركيب هواء التربة: من غازات مثل الأوكسجين وثانى أكسيد الكربون والأمونيا ومركبات النترات إضافة لبعض المواد أو الغازات السامة المرتبطة برداءة التهوية بالتربة.

- عوامل بيئية وبيولوجية: من حرارة ورطوبة وحموضة وقلوية وغيرها إلى تواجد كائنات دقيقة أو غيرها من النباتات أو الحيوانات وتأثيرها المتباين على الطحالب.

٣-٢ **Arial algae الطحالب الهوائية**

الطحالب الموجودة فى الهواء و تمثل الوحدات التكاثريه للطحالب بالإضافة الى الطحالب التى تتواجد على اسطح أوراق النباتات ذات الارتفاعات الشاهقة.

توجد طحالب تعيش بطريقة غير عادية ومنها :-

طحالب تعيش فى فجوات نباتات أخرى وتسمى نباتات داخلية **endophytes**

طحالب تعيش معلقة على نباتات أخرى وتسمى نباتات عالقة **epiphytes**

طحالب تعيش فى الثلج وتغطى قمم الجبال وتسمى **cryptophytes**

ينمو عدد من الطحالب فى مياة العيون الساخنة وبعضها يعيش فى درجة حرارة ٨٥م خاصة الطحالب الخضراء المزرققة.

- طحالب تكافلية مثل الاشـنـن

- طحالب متطفلة على النباتات الراقية

العوامل المؤثرة فى تواجد وانتشار الطحالب

هناك عدة عوامل تلعب دور مهم فى تحديد تواجد وانتشار الطحالب وهى كالتالى

١- Nutrition elements العناصر المغذية ٢- Light الضوء ٣- pH الرقم

الهيدروجينى ٤- Temperature الحرارة ٥- Salinity الملوحة

1 - Nutrition (nutrients) المغذيات

المغذيات تلعب دور أساسى فى انتشار الطحالب وخاصة المغذيات الكبرى Macro

elements وهى المغذيات التى تحتاجها الطحلب بتركيز لا يقل عن ١٠٠ ppm ومن

هذه المغذيات (N2 , P, C, H, O , K , Ca , S , Silver) .

كما تحتاج الطحالب الى المغذيات الصغرى Micro elements حيث يحتاج الطحلب

بتركيز اقل من ١٠٠ ppm وهى (Mg, Fe, Zn, Cu, Mo) .

وعلى أساس وجود المغذيات الكبرى فى البيئة وحاجة الطحلب لتركيزات عالية جدا منها فى بعض الطحالب والبعض الاخر يحتاج الى تركيز ضمن الحدود المسموح بها 100 ppm حيث قسمت الطحالب الى :

A -Eutrophic algae

هى الطحالب التى تعيش فى بيئة تكون فيها المغذيات الكبرى بتركيز عالى جدا اكثر من 100 ppm بعدة مرات.

B -Oligotrophic algae

هى الطحالب التى تعيش فى بيئات فقيرة بالمغذيات الكبرى حيث يكون التركيز فيها اقل من 100 ppm .

2 - Light الضوء

يعتبر الضوء أهم عامل في نمو الطحالب وذلك لاحتوائها على الكلوروفيل وبواسطته تتم عملية التمثيل الغذائي الضوئي ويشترط أن يكون الضوء المستخدم له طيف مماثل لضوء الشمس المعتاد بين موجتين 420-760 نانوميتر، ويستحسن وضع المزارع في ضوء الفلوروسنت وذلك لأنه يشابه الضوء العادي ولا ينبعث منه حرارة وذلك لتأثيرها على النمو . ويلاحظ أنه عند إجراء تجارب يطلب فيها دراسة أحد العوامل فإنه يتم تغيير جميع العوامل الأخرى مع تثبيت العامل المراد دراسته فمثلا يطلب منا معرفة "أثر الضوء على نمو أحد الطحالب" فإنه تثبت جميع العوامل الأخرى ويكون العامل المتغير هو الضوء فقط .

3 - pH

تعتبر الحامضية من العوامل المحددة أيضا لانتشار الطحالب وتواجدها كونها تعتبر مهمه فى تنظيم عمل الانزيمات داخل الخلية ، وعلى أساس قيمة pH التى يحتاجها الطحلب فى البيئة قسمت الطحالب الى ثلاثة اقسام : -

1-Heterophilic algae متعادل

هى الطحالب التى تحتاج الى قيمة pH تتراوح من (6,5-7,5) اغلب الطحالب تفضل هذا الوسط .

2-Alkophilic algae قلوبية

الطحالب التى تحتاج الى قيم مرتفعة من pH تتراوح من (٨- ١٠) مثل طحلب Spirulina .

٢-Acidophilic algae حامضية

وطحالب هذا القسم تفضل pH اقل من ٧ تتراوح من (٤- ٦,٥) وغالبا ما تكون نامية على الصخور مثل طحلب Calothrix .

4 - Temperature

تلعب دور مهم ف تواجد الطحالب كونها تآثر بشكل مباشر على عمل الانزيمات مثل pH ، وعلى ضوء ذلك مكن تقسيم الطحالب التى تنمو فى بيئات ذات درجات حرارة مختلفة الى ما يلى :

١-Thermophilic algae

طحالب تعيش فى بيئات ذات درجات حرارة مرتفعة تتراوح بين (٣٥- ٨٥) ، طحلب Aphanocapsa thermails .

٢-Karyophilic algae

طحالب تفضل البيئة التى تكون درجة الحرارة فيها منخفضة تتراوح بين (١٥ - ٠ C) كما فى طحلب Chlamydomonas nivalis .

٣-Mesophilic algae

طحالب تعيش فى درجة حرارة من (١٥- ٣٥ C) وان اغلب الطحالب تفضل هذه الدرجة من الحرارة .

5 - Salinity

تعتبر الملوحة من العوامل المهمة وعلى ضوءها قسمت البنية المائية الى مالحة وعذبة ، وكذلك البيئة اليابسة مالحة وغير مالحة حيث تسمى الطحالب التى تعيش فى البيئات ذات التركيز العالى من الملوحة ب Marine algae والى تعيش فى البيئة العذبة تسمى Fresh water algae

الطحالب التى تعيش فى التراكيز العالية من الملوحة Halo tolerant algae

تركيب الثالوس في الطحالب

يختلف تركيب الثالوس في الطحالب باختلاف أجناسها ورتبها . تظهر الطحالب اختلافًا مورفولوجيًا كبيرًا فبعضها :

وحيد الخلية :

* متحركة مثل *Chlamydomonas* * غير متحركة مثل *Chlorella*

عدد الخلايا

* مستعمرات : تجمع لعدد من الخلايا لها نفس الشكل والحجم والنوع
* تجمعات : تجمع لعدد من الخلايا التي ليس لها شكل ولا عمر ولا حجم ثابت

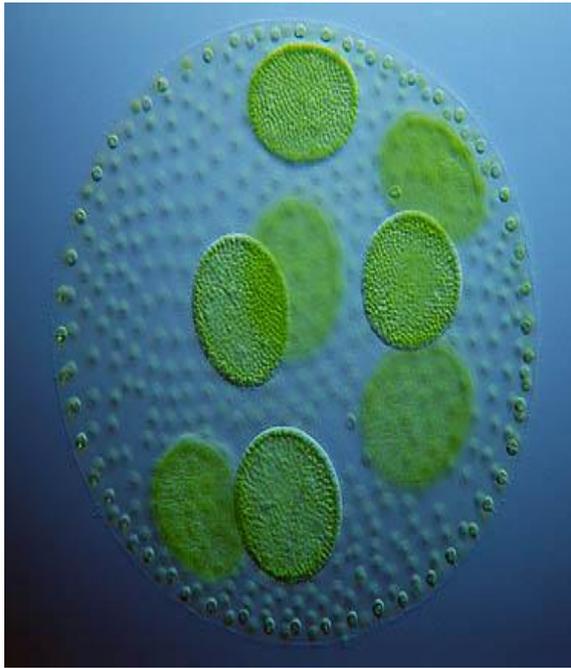
طحالب خيطية

* طحالب خيطية بسيطة مثل *Spirogyra*

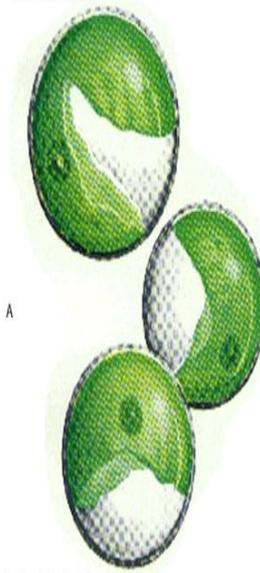
* طحالب خيطية متفرعة مثل *Cladophora*

طحالب ورقية: يأخذ شكل أوراق النباتات الراقية (خس البحر (اليولفا)

طحالب ذات الشكل السيفوني: البروتوسيفون

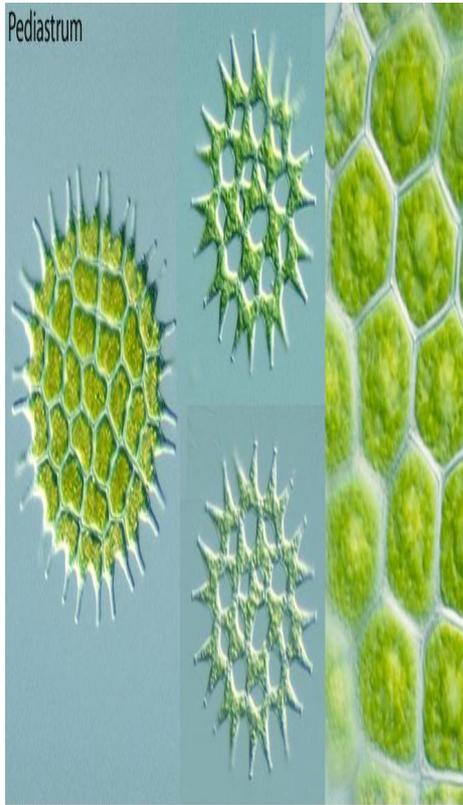
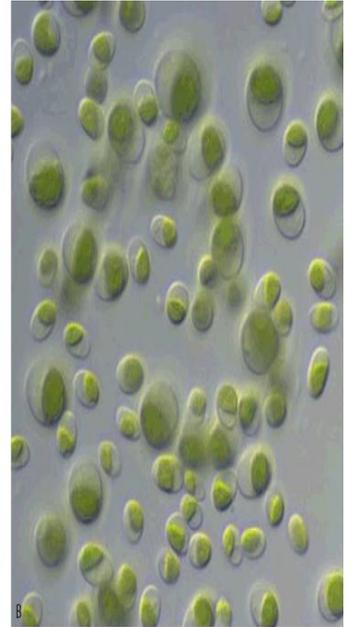


Chlorella

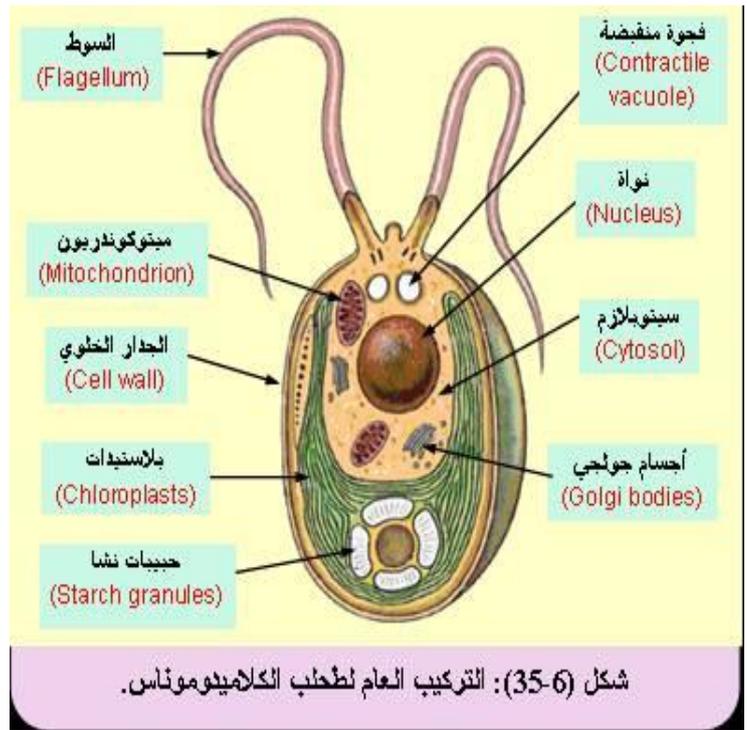


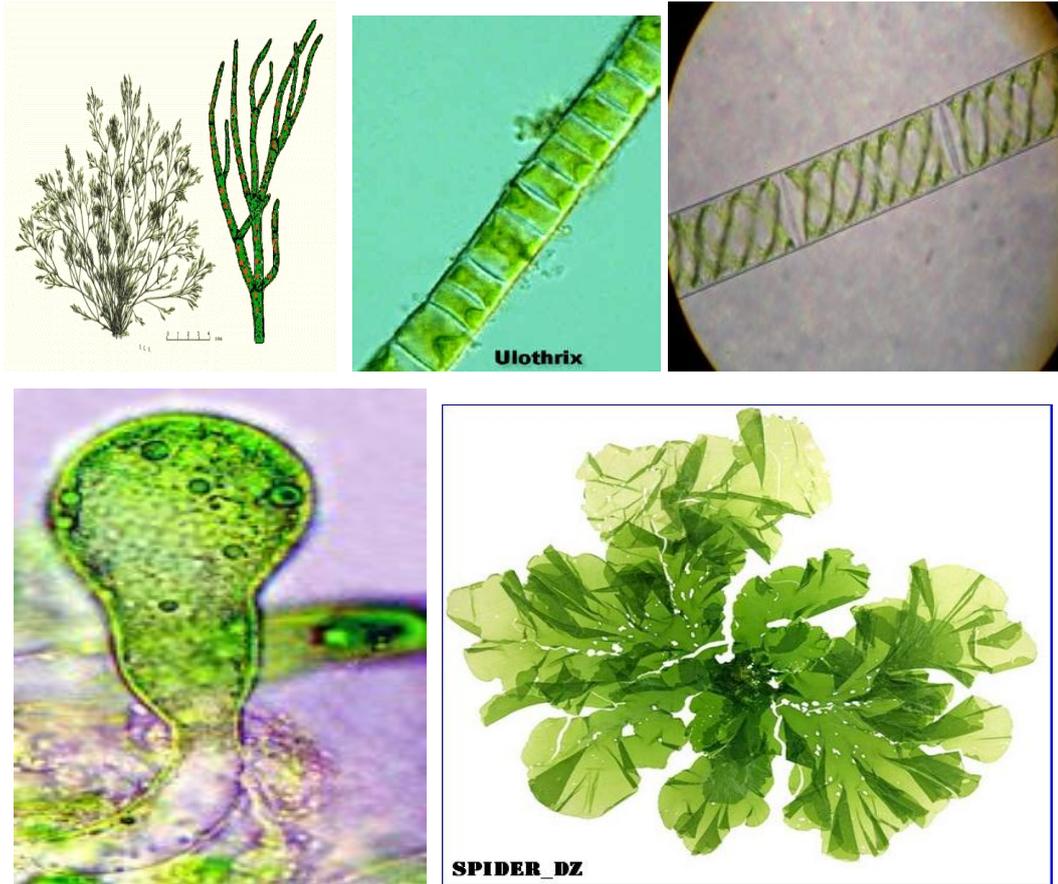
A after Mervin Palmer (1962)

B © National Institute for Environmental Studies, see <http://www.nies.go.jp/biology/mcc/home.htm>



All after Entwisle et al. (1997)





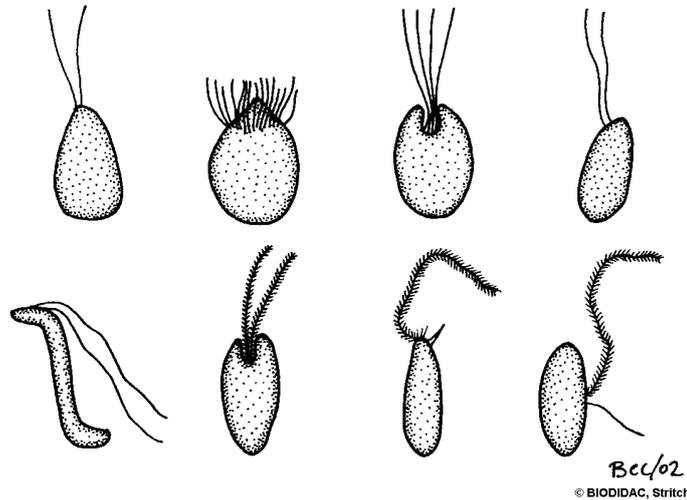
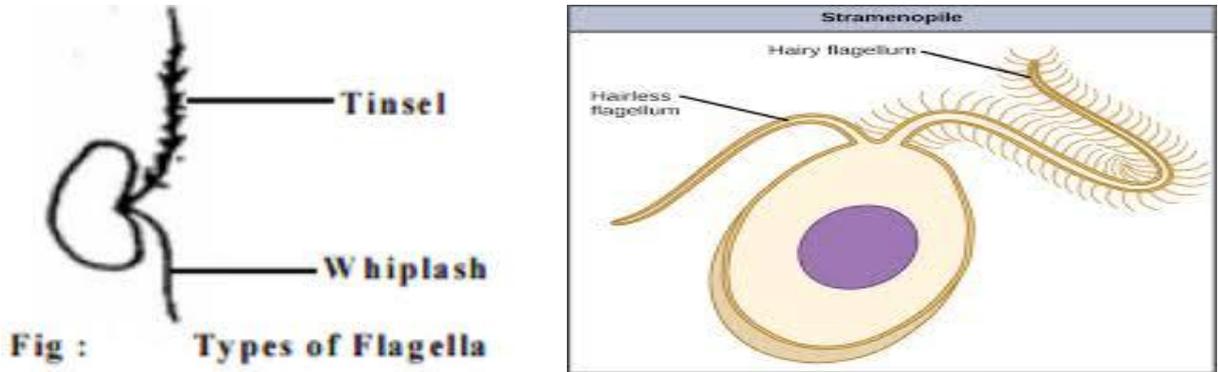
الحركة

الطور الخضري للعديد من الطحالب متحرك بواسطة أسواط Flagella. ولا توجد أهداب Cilia في الطحالب. عامة توجد الأسواط في جميع المجموعات الطحلبية ما عدا الطحالب الخضراء المزرقّة والحمرّاء. ويعتمد كثيراً في عملية تصنيف الطحالب المبدئي على وجود أو عدم وجود الأسواط، عدد الأسواط، طبيعتها، ميكانيكية حركتها ومنشأها. فمثلاً تم قديماً تقسيم الطحالب الخضراء إلى أربع مجموعات بناءً على نوع الأسواط بها وهي:

- Isokontae: الخلايا المحتوية على سوطين متساويين،
- Heterokontae: الخلايا المحتوية على سوطين لكنهما غير متساويين،
- Akontae: الخلايا الغير محتوية على أي أسواط
- و Stephanokontae: الخلايا المحتوية على طور متحرك له عديد من الأسواط. يحتوي طحلب اليوجلينا Euglena على سوط قطبي واحد بسيط.

تحتوي الطحالب الخضراء المتحركة على سوطين أو أربعة أسواط متساوية الطول والتي تتكون على طرف واحد. البعض الآخر من الطحالب يكون سوطين غير متساويين في الطول تنبت من مناطق مختلفة على الجسم. بعض الطحالب يتحرك بدون أسواط كما في الدياتومات التي ما زالت طريقة حركتها تحت الدراسة، إلا أنها على ما يبدو تتحرك نتيجة إفراز مادة لزجة خلال نظام خاص من الثقوب، والبعض الآخر من الطحالب يتحرك بنظام يشبه الزحف خلال نظام من الإفراز المخاطي. ومن مميزات الطحالب المتحركة وجود جسم أحمر أو برتقالي يعرف ببؤرة البصر أو البؤرة العينية eye spot.

الأسواط (Flagella) بالطحالب وأشكالها:



حجم الثالوث

يتدرج حجم الثالوس من الأجناس الصغيرة الميكروسكوبية إلى الأجناس الكبيرة التي يصل طولها إلى عشرات الأمتار طولاً. أبسط أنواع الطحالب هي التي لها

خلية واحدة. وهي أجسام صغيرة جدا بحجم الجراثيم، لا يتجاوز قطر بعضها ميكرومتر واحد. ونستطيع ان نجد الملايين منها في قطرة ماء من مستنقعات غنية بالطحالب، اما من حيث الشكل يمكن أن تكون بيضاوية أو دائرية، ويمكن أن تتخذ شكل أقراص أو غلافات أو شعريات أو قضبان. بعضها له شعيرات صغيرة متحركة تسمح لها بالتنقل في الماء، وبعضها الآخر تكسوه دروع مثقوبة تتألف من املاح معدنية. أما الأنواع المعقدة فمنها طحالب عملاقة يصل طول بعضها إلى ١٠٠ متر ووزنها إلى مئات الكيلوجرامات.

التركيب الخلوي للطحالب:

تتركب الطحالب من خلايا تحتوي على نواة حقيقية لها غلاف نووي وبها عصير نووي ويحتوي السيتوبلازم على الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء وأجسام جولجي والشبكة الأندوبلازمية، وترجع الألوان المختلفة التي تبدو بها الطحالب إلى وجود مركبات كيميائية معقدة هي الأصباغ ويتميز كل صبغ بتركيب ولون خاص به وقد تختلط بعض هذه الأصباغ مع بعضها لتعطي الطحالب لونا مميزا ويشذ عن ذلك الطحالب الخضراء المزرقه تحتوي على نواة بدائية.

زراعة الطحالب

ويمكن زراعة الطحالب في المعامل مثل البكتيريا والفطريات ، وذلك عندما تتوفر لها ظروف النمو المناسبة من غذاء وضوء وتهوية ودرجة حرارة ورطوبة.

أنواع المزارع الطحلبية

هنالك نوعان من المزارع الطحلبية:

أ- مزارع على نطاق كبير:

نشأت هذه الفكرة بعد الحرب العالمية الثانية والقصد منها إيجاد مصدر بروتيني رخيص لتغذية الدول الفقيرة. وقد وجد أن الطحالب وحيدة الخلية مثل طحلب الكلوريللا هي انسب الطحالب للاستزراع على نطاق واسع نظرا لان متطلبات هذا النوع من العناصر اللازمة لنموه بسيطة جدا.

ب - مزارع معملية:

وهذه الفكرة تعتمد على استزراع الطحالب معمليا. وهناك نوعان من هذا الاستزراع ينتج عنه نوعان من المزارع.

١- مزارع غير نقيه non pure culture :

تعتبر المزارع الغير نقيه من المزارع الأولية التي قد تبدأ بعينه من التربة أو بنوع واحد من الطحالب قد يكون عالقا به دياتومات أو أنواع أخرى لا يمكن التخلص منها وتوضع الطحالب في المحلول المغذي وتعرض للعوامل البيئية اللازمة ومن ثم الانتظار وما قد يسفر عنه الاستزراع والتي يعتمد فيها على عدة عوامل منها ملائمة العوامل البيئية والحالة الفسيولوجية للطحلب نفسه وعمما إذا كان يافعا قابلا للانقسام أو غير قابل للانقسام ومثل هذه المزارع تعتبر مزارع استكشافية.

٢- مزارع نقيه: pure culture

ويتم ذلك باختيار الطحلب المراد استزراعه وغسله وتنقيته بمحاليل جديدة حتى يتم التخلص من الطحالب الأخرى الملتصقة به ومن ثم بدء زرعه بخليه واحده وتعتبر هذه المزرعة الجديدة أكثر نقاوة من المزرعة الأولى وتكرار العملية حتى نحصل في النهاية على مزارع نقيه.

وهناك أنواع من الطحالب مثل الطحالب الزرقاء التي يصعب الحصول عليها خالية من البكتيريا التي تكون ملتصقة بالغلاف الجيلاتيني للطحلب ولا يمكن انتزاعه منها بسهولة ولكي نحصل على مزارع طحلبية خالية من البكتيريا يجب إجراء عمليات بالغة التعقيد نحتاج فيها إلى غرف ومحاليل معقمة ويتطلب ذلك تعريض المزارع إلى جرعات من الأشعة فوق بنفسجية أو وضع مضادات حيوية للمزرعة وفي هذه الحالة قد يصعب الحفاظ على سلوك الطحلب الفسيولوجي في المزرعة.

طرق استزراع الطحالب

تعتمد عملية استزراع الطحالب اعتمادا كليا على نوع الطحلب المراد استزراعه فهناك الطحالب التي تعيش في المياه العذبة يجب اختيار وتحضير البيئات المناسبة التي تكون فيها المياه العذبة (Fresh water) عنصرا أساسيا في تركيب البيئة، وكذلك الطحالب التي تعيش في المياه المالحة (Salt water) يجب اختيار وتحضير البيئات المناسبة التي تكون فيها المياه المالحة عنصرا أساسيا في تركيب البيئة.

لذلك يمكن تقسيم البيئات إلى نوعين:

١- بيئة المياه العذبة. Fresh water medium.

٢- بيئة المياه المالحة. Salt water medium.

بالإضافة إلى البيئات التي تلعب دورا هاما في عملية الاستزراع هناك الأدوات المستخدمة في الاستزراع، والطعم (الطحلب المراد استزراعه)، والعوامل البيئية.

العوامل البيئية اللازمة لنمو الطحالب

Environmental Factors

١- الضوء Light

يعتبر الضوء أهم عامل في نمو الطحالب وذلك لاحتوائها على الكلوروفيل وبواسطته تتم عملية التمثيل الغذائي الضوئي ويشترط أن يكون الضوء المستخدم له طيف مماثل لضوء الشمس المعتاد بين موجتين ٤٢٠-٧٦٠ نانوميتر، ويستحسن وضع المزارع في ضوء الفلوروسنت وذلك لأنه يشابه الضوء العادي ولا ينبعث منه حرارة وذلك لتأثيرها على النمو .

الغازات الذائبة في البيئة dissolve gases

تحتاج الطحالب إلى غاز الأكسجين للتنفس مثلها كأي كائن آخر، ومن ثم فإن تهوية المزرعة عامل مهم ويتم ذلك بأن يكون حجم المحلول الذي يستزرع فيه لا يشغل أكثر من نصف الوعاء ويلزم تحريك أو هز المزرعة من آن لآخر حتى يتم تبادل الغازات وكذلك تجانس المزرعة.

٢- الأملاح المغذية nutrient salts

أهمها بالنسبة للطحالب أملاح الفوسفات والنترات ويلاحظ أن اغلب الطحالب تحتاج إلى عناصر نادرة ذائبة في البيئة بكميات قليلة جدا ومن هذه العناصر الحديد- النحاس-الكوبالت وأغلب هذه العناصر تكون متوفرة في محلول التربة وفي حالة عدم وجودها يمكن إذابة كميات من الأملاح التي تحتوي على العناصر المطلوبة في الماء وخلطها مع بعضها ثم يضاف ١ سم^٣ من هذا المحلول إلى واحد لتر من البيئة.

٣- الحرارة Heat

يجب أن تكون المزارع معرضة لدرجة واحدة من الحرارة ما عدا في حالة دراسة تأثير درجة الحرارة على النمو بالنسبة لتأثير درجة الحرارة على النمو، ونلاحظ الأنواع المختلفة من الطحالب لكل منها ثلاث مراتب نمو بالنسبة لدرجات

الحرارة: الأدنى. Minimum temp والقصى Maximum temp والمناسبة Optimum temp. وكما يلاحظ أن زيادة درجة الحرارة تزيد من سرعة التفاعلات البيولوجية (Biological Reactions).

٤- الحالة الفسيولوجية للمزرعة:

يمكن اعتبار المزرعة كائن حي يمر بفترة نشاط يعقبها فترة ركود وشيخوخة فكلما طال عمر المزرعة قلت حيويتها وقل نشاط الخلايا فيها وينتج عن ذلك تراكم نواتج الأيض في المزرعة وبعضها كما هو معلوم سام لذلك يجب عمل مزارع جديدة من المزارع القديمة كل فترة من الزمن.

تقسيم الطحالب Algal classification

قبل التعرض لنظام تقسيم الطحالب الى مجموعات مختلفة يجب ان نلقي الضوء على وضع الطحالب في المملكة النباتية او في التقسيم العام للكائنات ككل. التقسيم العام للكائنات الحية المختلفة وصنفها ضمن خمسة ممالك: Waitker في سنة (١٩٦٩) أسس

١- المملكة النباتية

٢- المملكة الحيوانية

٣- مملكة الفطريات

٤- مملكة البروتستا وتضم (الطحالب حقيقية الأنوية)

مملكة المونيرا وتضم (الطحالب بدائية الأنوية والبكتريا)

في ضوء تقسيم المملكة النباتية الذي وضعه Bold سنة 1956 تم وضع الطحالب في ثمانية أقسام. القسم الأول هو قسم الطحالب الزرقاء المخضرة ويحتوي على أبسط الطحالب تركيباً وأقلها تطوراً إذ أن خلاياها تحتوي على نواة بدائية في حين أن نواة خلايا الأقسام الأخرى من النوع الحقيقي. تبنى تقسيمات الطحالب أساساً على نوع الصبغات الموجودة بها ، أيضاً على الصفات الحيوية الأخرى ومنها نوع الغذاء المخزن بخلاياها وتركيب الجدار.

الأسس المعتمده في نظام تقسيم الطحالب

١- نوع الأصباغ

٢- نوع الغذاء المدخر وطرق التغذية

٣- طرق التكاثر

٤- المظهر الخارجي والتركيب الخلوي الداخلي

٥- تركيب جدار الخلية

٦- انواع اسواط الحركة والاهداب

تقسيم الطحالب Algal classification:

حسب تقسيم Waitker تتوزع الطحالب في مملكتين :

Kingdom: Monera

١- مملكة: المونيرا

Division : Cyanobacteria or Cyanophyta

قسم الطحالب الخضراء المزرقه

٢- مملكة : البروتستا Kingdom: Protista

Division: Euglenophyta قسم الطحالب اليوجلينية

Division: Chlorophyta قسم الطحالب الخضراء

Division: Bacillariophyta قسم الطحالب العصوية

Division: Xanthophyta قسم الطحالب صفراء

Division: Chrysophyta قسم الطحالب الخضراء المصفرة

Division: Charophyta قسم الطحالب الكارية

Division: Phaeophyta قسم الطحالب البنية

Division: Rhodophyta قسم الطحالب الحمراء

Division: Pyrrophyta قسم الطحالب البيرية

معظم النظم تشترك وتتشابه في القواعد الأساسية للمراتب التقسيمية لتسمية الطحالب :

مستوى القسم Division تنتهي بالمقطع -phykota-

مستوى الصف Class تنتهي بالمقطع -phyceae-

مستوى الرتبة Order تنتهي بالمقطع -ales-

مستوى فصيلة Family تنتهي بالمقطع -aceae-

مستوى الجنس Genus ويبدأ اسم الجنس بحرف كبير
مستوى النوع Species
والاسم العلمى يتكون من مقطعين الاسم الأول (نفس اسم الجنس أول حرف
كبير) والاسم الثاني النوع (يبدأ الاسم بحرف صغير).
• تحتوى الطحالب على العديد من الالصبغ الخضراء والملونة
تقسم الطحالب تبعاً للون الظاهرى (الناتج من الخلط بين الالصبغ الخضراء والملونة)
أفضل تقسيم للطحالب هو على حسب أنواع الصبغات الموجودة.

مقارنه بين أقسام الطحالب

| الطحالب | اصباغ البناء الضوئى | اللون الظاهرى |
|--------------------------------------|--|-----------------------|
| الطحالب الخضراء | Chlorophyl-carotene Xanthophill | الاخضر |
| الطحالب الخضراء المزرقة | phycoyanin - Chlorophyl | الازرق |
| الطحالب الحمراء | Fucoerthrin α -caroten - phycoxanthin Chlorophyl | الاحمر |
| البنية | phycoxanthin- β -carotene , Chlorophyl | البنى |
| الطحالب المصفرة | β -caroten, Chlorophyl | الاصفر |
| الطحالب الخضراء المصفرة (الذهبية) | Xanthophill, β -carotene - phycoxanthin - Chlorophyl | البنى المصفر (الذهبى) |

| اسم الطحلب | نتاج عملية التمثيل الضوئى | الصبغات الأساسية + لإضافية |
|-------------------|---|--------------------------------------|
| الخضراء المزرقة | نشأ حيواني يسمى جليكوجين | كلوروفيل + فيكوسيانين |
| الخضراء | نشأ نباتي يخزن في مراكز نشوية في البلاستيدات | كلوروفيل + فيكوزانثين |
| الصفراء (الذهبية) | مواد زيتية تسمى الكريزوز أو الليوكوسين | كلوروفيل + فيكوزانثين (بني) |
| البنية | نوع من النشا يسمى اللامينارين | كلوروفيل + فيكوزانثين (بني) غامق) |
| الحمراء | نوع من النشا يسمى الفلوريدي | كلوروفيل + فيكوايريثرين |
| اليوجلينية | نوع من النشا يسمى الباراميلون | حوامل ألوان |

| الوسط البيئي | التكاثر | الاسواط | مكونات الجدار | المادة الادخارية | اصباغ البناء الضوئي | Phylum |
|---|--|--|--|--|--|--|
| المياه العذبة البرك والمستنقعات | • لاجنسي (الانشطار الثنائي) • بعضها تتكاثر جنسي • بعضها يتحوصل | تتحرك بالاسواط | غير محاطة بجدار خلوي صلب (لذا) تستطيع تغيير شكلها بسهولة | سكريات متعددة Paramylon bodies أو زيوت | Chlorophyll-carotene Xanthophyll (البلاستيدات الخضراء) ذاتية التغذية | Euglenophyta (Unicellular) |
| المياه العذبة بعضها في المياه المالحة على الشواطئ البحرية | جنسي ولاجنسي | بعضها متحرك بالاسواط مثل الكلاميدوموناس بعضها غير متحرك مثل خس البحر Ulva | لها جدر خلوي مكون من Cellulose +Pectin | النشا (تحتوي على مراكز لتخزين النشا Pyrenoids) في البلاستيدات الخضراء | Chlorophyll-carotene phycoerthrin Fucoxanthin (البلاستيدات الخضراء) ذاتية التغذية | Chlorophyta (Unicellular متحرك او غير متحرك- Colonies - filamentous) |

| الوسط البيئي | التكاثر | الاسواط | مكونات الجدار | المادة الادخارية | اصباغ البناء الضوئي | Phylum |
|---|-------------------------------------|--|--|--|--|---|
| | • تتكاثر لاجنسي • لا تتكاثر جنسي | غير قادرة على الحركة يمكنها الانزلاق (لوجود مادة جيلاتينية تحيط بها) | محاطة بجدار خلوي (مشابهه للخلايا البدائية N-acetyl mumaric acid) | Cyanophceen starch (حببيات دقيقة بين اغشية) Thylakoids Proteins and oils | Chlorophyll phycobilins (phycoerthrin phycocyanin) (بلا بلاستيدات الخضراء مميزة بل تحتوي على جهاز بناء ضوئي Chromatoplast (Thylakoids +phycobilins (الصيغة) ذاتية التغذية | Cyanophyta تعيش منفردة أو في مستعمرة أو خيطية. نقلت الى البكتيريا المثل : Nostoc and Oscillatoria |
| المياه العذبة او عالقاً باحدى النباتات مياه مالحة | جنسي ولاجنسي | بعضها غير متحرك او متحركة بسوطين | لها جدر خلوي مكون من Cellulose +Pectin +silica | زيوت و نشا (كريزولامينارين) Chrysolaminarine | Chlorophyll-carotene fucoxanthin (البلاستيدات الخضراء) ذاتية التغذية | BACILLAROPHYTA (Unicellular متحرك - Colonies - filamentous) Diatoms المثل |

| الوسط البيئي | التكاثر | الاسواط | مكونات الجدار | المادة الاذخارية | اصباغ البناء الضوئي | Phylum |
|--|----------------------------|---------------------------|--|--|---|---|
| المياه المالحة المياه العذبة | •تتكاثر لاجنسي وجنسي | متحركة بسواطين جانبيين | لها جدر خلوى مكون من Cellulose +Algin | زيوت و نشا (كريبزولامينارين Chrysolamin arine)- mannitol | Chlorophyl- carotene fucoxanthin) (بلاستيديات الخصراء) ذاتية التغذية | Phaeophyta عديدة الخلايا غير متحركة تعرف بـ Kelps بعضها مجهرى مثل <i>Octocarpus</i> او كبير الحجم مثل <i>Macrocystis</i> <i>Fucus</i> |
| مياه مالحة قليل في المياه العذبة | جنسي ولاجنسي | لا يوجد | لها جدر خلوى مكون من Cellulose +Pectin +calcium +carrage en | زيوت و نشا Floridean starch | Chlorophyl- carotene Fucoerthrin phycocyanin (البلاستيديات الخصراء) ذاتية التغذية | Rhodophyta قليل منها صغير الحجم عديدة الخلايا غير متحركة ورقية او ريشية مثل <i>Gelidium</i> |

| الوسط البيئي | التكاثر | الاسواط | مكونات الجدار | المادة الاذخارية | اصباغ البناء الضوئي | Phylum |
|-------------------------------|----------------------------|--|---|------------------------|---|---|
| مياه عذبة ومالحة | •تتكاثر لاجنسي وجنسي | تتحرك بسواطين | سيلولوز | starch | Chlorophyl + Carotene ذاتية التغذية | Pyrophyta معظمها وحيدة الخلية <i>Ceratium</i> |
| المياه العذبة احيانا مالحة | ولاجنسي ى نادرا جنسي | متحركة بسواطين اماميين غير متساويين فى الطول | لها جدر خلوى مكون من cellulose + Pectin | زيوت | Chlorophyl- carotene Xanthophyl ذاتية التغذية | Xanthophyta مدمج خلوى مثل <i>Vaucheria</i> |
| المياه العذبة | جنسي ولاجنسي ى | متحركة بسواطين اماميين غير متساويين فى الطول | لها جدر خلوى مكون من Pectin +silica | زيوت و نشا leucosin | Chlorophyl- carotene fucoxanthin ذاتية التغذية | Chrysophyta (Unicellular متحرك المثال <i>Chromulina</i> |

طرق التكاثر فى الطحالب

بصفة عامة تتكاثر الطحالب لزيادة عدد أفرادها أو المحافظة على النوع بثلاثة طرق رئيسية هي: التكاثر الخضري، التكاثر اللاجنسى (وهما الأوسع انتشاراً والأكثر استخداماً في الطحالب والتي يمكن ضمهما معاً) إضافةً للتكاثر الجنسي .

التكاثر الخضري: **Vegetative Reproduction** ويتم عن طريق:

١- انقسام الخلية: Cell division وهو المعروف بانشطار الخلية (Binary fission) المتعاقب خاصة في الطحالب وحيدة الخلية "حيث تنقسم الخلايا ثم تنفصل عن بعضها" مثل Chroococcus.

٢- التجزؤ أو التفتت: Fragmentation ويتم بتقطع الخيط أو المستعمرة لأجزاء أصغر ما تلبث أن تنمو من جديد لتعطي كائناً جديداً وهى طريقة مميزة جداً بالطحالب الخيطية والمستعمرات. وقد يحدث التجزؤ قدراً أي مصادفةً (Accidental or Random) أو بطريقة منظمة (Specialized) عن طريق تطوير تركيب خاص بين الخلايا كأقراص الانفصال (Separation discs) أو الخلايا الميتة (Dead cells) كما بطحلبى *Lyngbia* & *Oscillatoria*

التكاثر اللاجنسى: Asexual Reproduction ويتم عن طريق عدة طرق مثل تكوين:

١- الأكينيت (Akinete) وهى خلية خضرية كبيرة نوعاً سميكة الجدر مفردة أو متكررة في سلاسل ومقاومة للظروف البيئية الغير مناسبة وتتحمل وتبقى ساكنة فترات طويلة (تصل أحياناً ٧٠ سنة) مخزنة كميات كبيرة من المواد المدخرة حتى تتحسن الأحوال المحيطة لتنمو وتعطي كائناً جديداً كما بطحلب *Anabeana* والعديد من أفراد رتبة نوستوكالس (Nostocales) بالطحالب الخضراء المزرقة.

٢- الجراثيم (Spores) ويوجد العديد منها بالطحالب وسنعرض بعض منها : الجراثيم المتحركة: Zoospores وهى جراثيم ذات سوطين أو أسواط عديدة بالمقدمة أو منتشرة على الجرثومة تساعدها على الحركة والانتشار تتطور مباشرة من الخلايا الخضرية أو تنتج من أحد الخلايا المتخصصة كالحواظ

(Zoosporangium or aplanosporangium) تسبح الجرثومة المتحركة في الماء لبعض الوقت ثم تسكن وبعدها تنمو لتعطى طحلباً جديداً حيث أنها تمتلك كل المكونات الضرورية واللازمة لتكوين أفراداً جديدة..

• الجراثيم الساكنة: Aplanospores نتيجة للظروف البيئية المحيطة الغير مناسبة تنتج جراثيم ساكنة لا تمتلك أسواط للحركة وتتحمل هذه الظروف الغير مناسبة لفترات طويلة (Microspora) ويوجد منها نوعاً خاصاً يعرف بالهيبوسبور (Hypospore) عندما تزيد من سمك جدارها.

• الجراثيم الذاتية: Autospores سميت بهذا الاسم لتشابهها التام مع الخلية الأم المنتجة لها وهي ظاهرياً مماثلة للجراثيم الساكنة لكنها تختلف في كونها تفتقر وراثياً تماماً لقدرتها على الحركة ولا يمكنها التطور إلى جراثيم متحركة. وتعرف بهذا بالجراثيم الذاتية بالعديد من الطحالب الخضراء أو يعرف بالمستعمرات الذاتية (Autocolonies) مثلما في طحلب *Scenedesmus* بينما تعرف بالجراثيم الأحادية (Monospores) بالطحالب الحمر.

• الجراثيم المتماثلة: Hormospores وهي الجراثيم المتماثلة والمتشابهة تماماً والتي تنتج داخل الأشكال الطحلبية الخيطية مغلفاً بغلاف سميك كالحويصلة (Hormocysts) ليتحمل ويقاوم الظروف البيئية المحيطة الغير مناسبة. (Westiella)

• الحويصلات المغايرة: Heterocysts وغالباً ما تتواجد بالطحالب الخضراء المزرقة الخيطية إما طرفية (Nostoc) بين خلوية (Anabeana) أو قاعدية (Rivularia) وتنشأ بتطور الخلية الخضرية لتكبر وتصبح شفافة وذات جدر سميكة. وقد تكون مفردة أو عديدة متسلسلة. وبجانب وظيفتها التكاثرية لاجنسياً فهي أماكن ضعيفة الاتصال بمن حولها من الخلايا الخضرية فتصبح وسيلة للانفصال وتجزؤ الخيوط خضرياً إضافةً إلى أنها تمتلك قدرة كبيرة نسبياً للقيام بعملية تثبيت النيتروجين الجوي.

• الجراثيم الداخلية: Endospores وهي جراثيم غالباً ما تنشأ في الطحالب الخضراء المزرقة وحيدة الخلية بعد زيادتها بالحجم ثم انقسام بروتوبلاست أو محتويات الخلية الخضرية لتنتج داخلياً عدداً كبيراً من الجراثيم رقيقة الجدر وغير متحركة إذا ما تحررت تنتج كائناً جديداً مباشرةً. (Dermocarpa)

• الجراثيم الخارجية: Exospores وهى جراثيم رقيقة الجدر وغير متحركة لعدم وجود أي أسواط وتنتج وتنفصل خارجياً من الخلايا الخضرية لتنمو مباشرة لتعطي كائناً جديداً (Chamaesiphon).

• الجراثيم المتناهية الصغر: Nanospores وهى عبارة عن خلايا أو جراثيم دقيقة جداً تتكون داخل مستعمرة الطحلب الأم نتيجة الاقسامات الخلوية السريعة والمتتالية ثم تنمو وتكون مستعمرات جديدة كما بطحلبى Gloeocapsa & Microcystis.

• جراثيم عديدة أخرى: Other spores ويوجد العديد من الجراثيم الأخرى المختلفة ومنها مثلاً بالطحالب الحمراء، الجراثيم الأحادية، (Monospores) الجراثيم الرباعية، (Tetraspores) الباراسبور، (Paraspores) الكاربوسبور، (Carpospores) كما يوجد بالطحالب الذهبية عدد آخر من الجراثيم أو الأبواغ بأشكال مختلفة مثل: الجراثيم الساكنة (Statospores) والجراثيم النامية كبيرة الحجم (Auxospores) والتي تنمو وتنتج كائنات جديدة مباشرة.

التكاثر الجنسي: Sexual Reproduction:

ويتم عن طريق اندماج أو اتحاد الخلايا فيسمى بلازموجامى (Plasmogamy) أو أنويتها فيسمى كاريوجامى (Karyogamy) أو كروموسوماتها وجيناتها لتكون جنيناً (n²) ثم تنقسم انقساماً اختزالياً (Meiosis).

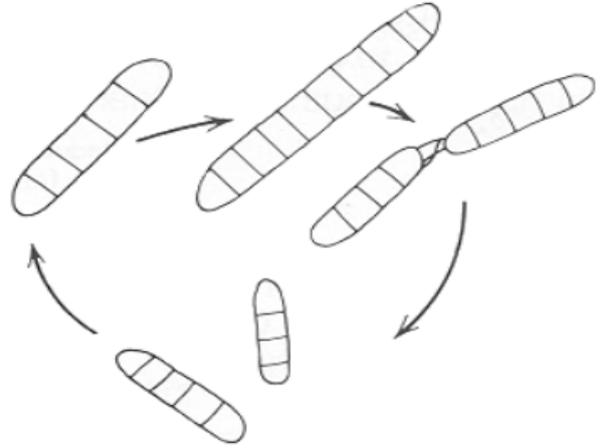
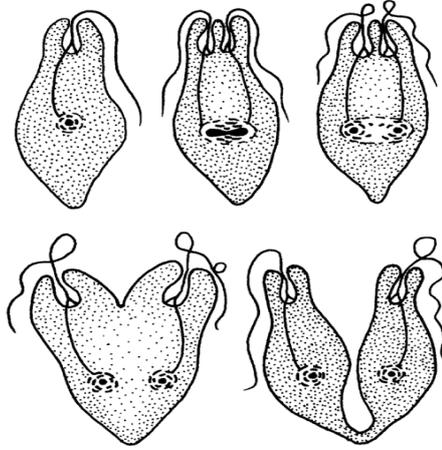
وتبعاً لتركيب ووظيفة الأمشاج المندمجة ينقسم التكاثر الجنسي لثلاثة أنواع:

١- **الأمشاج المتماثلة المتطابقة: (Isogamy)** وتتم باندماج أمشاج متماثلة أو متطابقة تماماً (Isogametes) حجماً، ظاهرياً وفسولوجياً سواءً كانت متحركة أو ساكنة لتكون جنيناً. والتماثل بين الأمشاج المندمجة يكون كبيراً جداً لدرجة عدم القدرة على تسميتهم أو وصفهم بأن أحدهما مثلاً مذكر والآخر مؤنث ولكن عُرفاً يمكن اعتبار أحدهما موجب (+) والآخر سالب (-). قد تنشأ الأمشاج من خلايا خضرية من جسم الطحلب أي تتصرف كأنها حافظة Gametanium كما في طحلب Sphaeroplea وقد تنشأ الأمشاج من الحافظة فعلا Gametangia كما في طحلب Oedogonium. وتسمى الحواظ المتشابهة Isogametes المنتجة للأمشاج المتماثلة

٢- **الأمشاج الغير متماثلة أو المتباينة (Anisogamy)** وتتم باندماج أمشاج متحركة غير متماثلة أو غير متطابقة (Anisogametes or Heterogametes) ظاهرياً وفسيوولوجياً حيث يتميز أحدهما (n_1) بأنه متحرك نشط وصغير الحجم نوعاً ليمثل المذكر أو الموجب ($\text{♂}/+$) والآخر يكون (n_1) خاملاً وكبير الحجم نسبياً ليمثل المؤنث أو السالب ($\text{♀}/-$) ليتكون جنيناً (Zygote $2n$) يحمل الصفات من المشيجين المختلفين. وقد يحدث مثل هذا الاندماج بين أمشاج متماثلة ظاهرياً ولكنها مختلفة فقط فسيولوجياً فتسمى بالأمشاج المتباينة أو المختلفة فسيولوجياً. (Physiological anisogametes)

٣- **الأمشاج البيضية (Oogamy)** ويتم هذا النوع الراقى المتقدم من التكاثر بين أمشاج أو جاميطات مذكرة ($\text{♂}/+n$) وغالباً ما تحمل الصفات التالية: عديدة، صغيرة الحجم، نشطة، معطية وحررة بالبيئة المحيطة (Antherozoids) منتجة من عضو التذكير (Anthredium) من جهة ومن جهة أخرى أمشاج أو جاميطات مؤنثة ($\text{♀}/-n$) والتي غالباً أيضاً ما تحمل الصفات التالية: حيث تكون محدودة العدد، كبيرة الحجم، ساكنة أو غير نشطة، مستقبلية ومقيدة بجسم الطحلب الأم (Egg or Ovum) منتجة من عضو التأنيث (Oogonium) وتبقى مرتبطة بجسم الطحلب الأم دائماً أو على الأقل حتى تتم عملية التلقيح والنضوج. وفور عملية الالتقاء والتلقيح يتكون الجنين (Zygote $2n$) مباشرةً يحمل الصفات من المشيجين المختلفين وغالباً ما يتبعه سريعاً الانقسام الاختزالي (Meiosis).

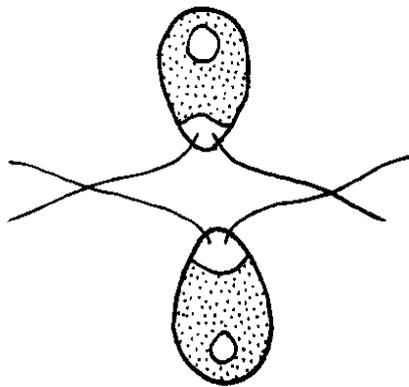
Vegetative reproduction التكاثر الخضري



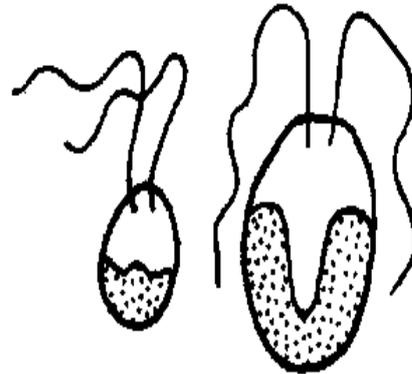
الأنقسام البسيط للخلية الطحلبية

التفتيت

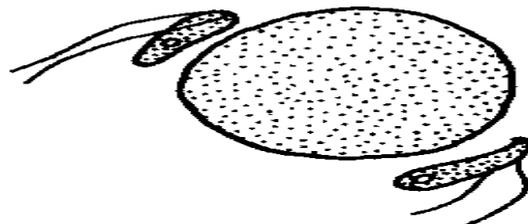
Sexual reproduction التكاثر الجنسي



A- Isogamy



B- Anisogamy



C - Oogamy

الاهمة الاقتصادية للطحالب

منذ أكثر من ٤٠٠٠ عام والعديد من طحالب المياه العذبة والبحرية تستخدم فى كافة أنحاء العالم بأمان تام بواسطة الإنسان لأغراض هامة وكثيرة جداً نذكر بعض تلك الإستخدامات الإيجابية:

الطحالب كمصدر غذاء للإنسان:

حيث يوجد أكثر من ٥٠٠ نوعاً بحرياً يؤكل مباشرة وبكثافة بواسطة الإنسان خاصة فى الدول التي تمتلك مساحات شاطئية كثيرة جدا حيث يتكون بعضها من عدد كبير جداً من الجزر. تستخدم كثير من الطحالب كإضافات تدخل فى تكوين غذاء الإنسان ، حيث تعد مصدراً للمواد الكربوهيدراتية ، والفيتامينات ، والمواد غير العضوية (مثل اليود) .

طحالب المياه العذبة الميكروسكوبية (صغيرة الحجم) كذلك يمكن إستخدامها فى الغذاء مثل طحلب *Chlorella* وهو من الطحالب الخضراء وحيدة الخلية غير المتحركة ويعتبر الآن الأمل الغذائى فى العالم وهو مؤهل ليحل أزمة الغذاء أو البروتين بالدول الفقيرة النامية حيث يحتوى على حوالى ٣٠% من وزنة الجاف بروتين إضافة إلى ١٥% ليبيدات، ٣٠% كربوهيدرات والعديد من الفيتامينات مثل فيتامين ب المركب وكثير من الأملاح المعدنية. وتتم زراعته حديثاً بالمزارع المستمرة المفتوحة للحصول على إنتاج يومية وبكميات إقتصادية جداً. من الطحالب الخضراء المزرققة (*Spirulina*) - يعتبر حديثاً الغذاء السوبر حيث يحتوى على أكثر من ٦٠% وقد تصل أحياناً ٧٢% من وزنه الجاف بروتين (أحماض أمينية أساسية) متفوقاً على فول الصويا إضافةً إلى السيليلولوز، الدهون، الكربوهيدرات، البيتاكاروتين، الفيتامينات والمواد غير العضوية مثل اليود. وفي اليابان أيضاً يضاف مسحوق طحالب جنس *Oscillatoria* إلى مكونات الخبز لزيادة محتواه البروتيني. معظم هذه الطحالب بحرية وكبيرة الحجم (يرى بالعين المجردة) وغالباً ما يتبع مجموعات الطحالب البحرية الخضراء، البنية والحمراء مثل لإحتواء كثير من تلك الطحالب على نسبة بروتين عالية والتي تتراوح بين ٦٥:٢٥% إضافة إلى ألياف السيليلولوز، الكربوهيدرات، الفيتامينات، العناصر والمعادن النادرة التي لا تتوفر فى البيئات الأرضية

تستخدم كنباتات طبية

طحلب Spirulina له مستقبل واعد في عالم الدواء أيضاً وأمن جداً للإستهلاك حتى للأطفال حديثى الولادة حيث

أ- يفيد فى خفض نسب الكولسترول وبالتالي تقليل ضغط الدم المرتفع.

ب- وعلاج السممة (بأخذ جرعة واحدة عبارة عن ٨,٤ جرام من الطحلب الجاف بكمية كبيرة من الماء قبل وجبة الإفطار وهذه الجرعة نفسها لو وزعت على الوجبات طوال اليوم تعالج النحافة).

ج- وكذلك هشاشة العظام والأورام والإيدز والفشل الكلوى والكبدى والفيروسات الكبدية خاصة C والشيخوخة والإحساس بالإعياء والعمى والعشى الليلى.

د- ومقوى عام ناهيك عن تقويته وتنشيطه للجهاز المناعى لجسم الإنسان مما يجعله أكثر قدرة على مقاومة العديد من الأمراض.

هـ- إستخدامات طبية وعلاجية فبعض الطحالب خاصة البنية تنتج اليود اللازم لعلاج الغدة الدرقية، فيوكوأيودين واللامينارين تستخدم كمضادات لتجلط الدم بينما الكاراجينين يستخدم لسرعة تجلط الدم. وتستخدم بعض أنواع الطحالب فى علاج الكلى والمثانة والرئة والمعدة والغدد.

اضطرابات الغدد الدرقية → Goiter → Sargassum

فى علاج الاضطرابات الهضمية → Gelidium

لاضطرابات الطمث → Laminaria

طارد للديدان → Digenea

و- مصدر للمضادات الحيوية والمواد الضد إحيائية فبعض الطحالب الخضراء مثل *Chlorella* تفرز مضادات حيوية (كلوريلين *Chlorellin*) مثبطة لنمو البكتريا والطحالب الأخرى من حولها كنوع من الدفاع عن نفسها وللسيطرة على البيئة. كما لوحظ أيضاً أن تواجد طحلب *Nitzschia palea* من الدياتومات العسوية الشهيرة يثبط نمو بكتريا *E. coli* المنتشرة بكثرة فى مياه الصرف الصحى والمسببة للعديد من الأمراض. كذلك الطحلب الأخضر المزرق *Microcystis* يثبط العديد من الأنواع

البكتيرية خاصة السبحية وكذلك بعض الهائمات الحيوانية الدقيقة مثل الدافنيا. كما توجد أبحاث ودراسات حديثة تثبت الحصول على مستخلصات طحلبية عديدة لها تأثير ضد إحيائى لكلٍ من الفيروسات والفطريات أيضاً .

كثرتها تتسبب فى موت الاسماك وبقية الكائنات المائية بسبب : قلة الاكسجين نتيجة لحجب الضوء للتزاحم الشديد واستهلاكها للاكسجين ، افرازها مواد سامة.

تدخل الطحالب غير السامة فى السلسلة الغذائية الأولية: حيث يتغذى عليها معظم الكائنات الحيوانية المائية والبحرية سواء كانت ميكروسكوبية أو كبيرة الحجم بإضافتها فى مزارع وأحواض الأسماك والجمبرى مثل *Scenedesmus*, *Chlorella*, *Spirogyra*, *Cladophora*, *Lyngbia* & *Diatoms* وبالتالى تدخل فى غذاء الإنسان بطرق غير مباشرة

- تثبيت النيتروجين الجوى: خاصة الطحالب الخضراء المزرقة مثل طحلب *Nostoc* ومعظم طحالب رتبة *Nostocales* التى تحتوى على حويصلات مغايرة (heterocystes) حيث يزيد المحتوى الأزوتى فى التربة وتفيد جداً فى تسميد محصول الأرز: حيث يمكن الإستفادة منها بإضافتها أثناء زراعة نبات الأرز مع تربية بعض أنواع الأسماك مثل البلطى إضافة لبعض الطيور المائية مثل البط للحصول على إنتاجية عالية من الأرز كماً ونوعاً مع الحصول على كمية جيدة من بروتين تلك الأسماك و/أو البط دون تكلفة إضافية تذكر على المزارع، وتوجد تجارب رائدة للعديد من الدول فى هذا المجال خاصة الفلبين واليابان ومصر. .

-إزالة ثانى أكسيد الكربون وزيادة الأوكسجين بالأوساط أو البيئات المائية التى تنمو بها الطحالب حيث تقوم بعملية البناء الضوئى *Photothynsis* مستهلكة CO_2 ومنتجة لنسبة من الأوكسجين O_2 اللازم لتنفس الأحياء المائية الأخرى.

- زيادة خصوبة التربة وتماسك حبيباتها: حيث تثبت النيتروجين الجوى وتحفظ رطوبة الطبقة السطحية إضافة إلى زيادة نسبة المادة الهلامية المخاطية بالتربة

مما يحسن من صفات التربة وقدرتها على الإحتفاظ بالمياه وتقلل نسبة البخر. استخدمت الطحالب البحرية كمخصبات للتربة ، وذلك لمحتواها من العناصر الغذائية ، بجانب قدرتها على زيادة السعة المائية للتربة . وإضافة الطحالب للتربة تتيح استمرارية تواجد الماء في المنطقة المحيطة بجذور النباتات ، علاوة على أن تحللها في التربة يزيد من محتوى الأخيرة من المواد العضوية و الدوبال.

-تقوم الطحالب بعملية ضبط لدرجة الحموضة والقلوية لدرجة قريبة من المتعادلة أو شبه القلوية. ومن أمثلة هذه الطحالب & *Anabaena, Nostoc* و *Scytonema* من رتبة *Nostoc* وكذلك طحلب *Lyngbia* وكلها من الطحالب الزرقاء المخضرة.

الطحالب كمصدر لعلف الحيوانات:

تستخدم بعض أنواع الطحالب كمصدرٍ للعلف للبقر والأغنام.

-معالجة مياه الصرف الصحي والزراعي : وقد تزايد هذا التوجه فى الآونة الأخيرة للدور المهم والحيوى لكثير من الطحالب فى المعالجة المبدئية أو الثانوية أو فى برامج المعالجة الثلاثية عن طريق أكسدة هذه المياه وتكسيرالمواد المعقدة الضارة وتجميع العناصر خاصة الثقيلة منها والضارة أو السامة أحياناً. ومن أشهر الأنواع الطحلبية المستخدمة بكثرة والمتواجدة طبيعياً فى مياه الصرف الصحي والزراعي *Chlorella, Pediastrum & Scenedesmus* من الطحالب الخضراء وتستخدم كذلك *Euglena & Phacus* من الطحالب اليوجلينية. تقوم الطحالب بعملية البناء الضوئي ، والذي يتمخض عنه إطلاق الأكسجين . والأكسجين يُعد من الأهمية بمكان لتحلل مكونات الصرف الصحي بالبكتيريا.

الطحالب ذات أهمية فى المزارع السمكية: تُستعمل الطحالب كمادة غذائية لبعض المزارع السمكية مثل مزارع سمك التيلابيا.

الطحالب كمصدر لتكوين البترول والغاز : من المعروف أن الطحالب وغيرها من الكائنات النباتية تُحول الطاقة الشمسية إلى مادة عضوية ، وعندما تتراكم المواد العضوية فى طمي قاع المسطحات المائية فإنها تصبح فى معزل عن

الأكسجين الطلق وبذلك تكون معرضة للتحلل بفعل البكتيريا اللاهوائية مما ينتج عنه غاز الميثان وزيت البترول.

-استخدام الطحالب في الصناعة:

أ- صناعة رمماد الطحالب:

وتتضمن احتراق أجسام بعض الطحالب عند درجات حرارة عالية للحصول منها على الرماد المحتوي على الصوديوم والبوتاسيوم واليود ، حيث تُعد هذه العناصر من الأهمية بمكان في تغذية الإنسان والماشية ب- صناعة الألبان : وهي مادة محبة للماء . إن منتجات الألبان تذوب في الماء مكونة محاليل لزجة تدخل في عمل معلقات أو مستحلبات أو غرويات . وتدخل هذه المادة في صناعة اللايس كريم ، ومواد تلميع السيارات ، والبويات والأصباغ ، وبعض الأدوية والمضادات الحيوية ، وفي بعض صناعات المطاط.

ج- صناعة الآجار : والتي تستخرج من الطحالب البحرية وهو عبارة عن مستخلص غروي جيلاتيني الملمس . يستخدم في تصليب الأوساط الغذائية للكائنات الدقيقة وفي المراهم والكريمات والمعاجين لإعطاء القوام المميز الخاص بها وفي الطب كمادة مليئة ، وفي تغليب اللحوم والأسماك ، كما يدخل في صناعة قوالب الأسنان ، وفي صناعة صابون الحلاقة ، وغسول اليدين ، وفي صناعة اللصبات الكهربائية. المانيتول الذي يستخدم لمرضى السكر لأنه مسحوق عديم الرائحة ويحتوي على نصف كمية حلاوة السكر ولا يسبب ضرر للمرضى بداء السكري .

-مادة خصبة للدراسات والأبحاث الفسيولوجية والوراثية والبيئية: مثل

التمثيل الضوئي والتكاثر وتخزين الأكسجين وتثبيت النيتروجين الجوي وحركة السيتوبلازم ونقل الجينات وتراكم العناصر والنفاذية وغير ذلك من العمليات الحيوية داخل جسم الكائن الحي وذلك لصغرها، تحملها ولسهولة تنميتها معملياً والحصول عليها وقصر فترات تحضينها ومن أشهرها استخداماً وأوسعها إنتشاراً في هذا المجال الطحالب الخضراء *Chlorella, Chlamydomonas, Mougeotia & Nitella* كأمثلة للمئات من الطحالب التي يمكن الحصول عليها من العديد من المراكز الدولية لتجميع الكائنات بالعديد من دول العالم.

- **تجميع العناصر الثقيلة** والمخلفات المشعة مما يساعد على تنقية البيئات المائية وتخليصها من هذه المواد الضارة والملوثة للبيئة رغم أن معظمها من الفلورا الطحلبية المصاحبة لهذه البيئات الملوثة. ومن أهم وأوسع الطحالب الخضراء استخداماً لها لهذا الغرض **معملياً وحقلياً** *Chlorella*.

- **إنتاج أوراق لتنظيف** عدسات العيون باليابان من الطحلب الأخضر الشهير **والمنتشر جداً** *Spirogyra*

تزهـر الطحالب blooms

مصطلح يستخدم لوصف الزيادة في أعداد خلايا الطحالب إلى الحد الذي يمكن أن تؤثر فيه على جودة المياه، التزهـر: يغير لون المياه ، و تنتج عنه روائح سيئة من الزبد العائم على سطح الماء، ويتسبب في مشاكل للأحياء المائية . ويتغير لون هذه الطحالب من الأخضر إلى الأزرق أو الأحمر أو البني أو الأخضر الغامق أو الأسود. وبعض هذه الطحالب يمكننا إدراك وجوده بسهولة، من الزبد الطافي على الماء بينما بعضها يكون أحيانا منتشرا في الماء أو متجمعا في العمق. وقد يكون التزهـر مكونا من أصناف غير سامة، رغم هذا فمن الأفضل أن تؤخذ عينة من الطحالب ليتم تحليلها مخبريا للتأكد من وجود الطحالب الخضراء المزرقة والتأكد من أنها تنتج المواد السامة. الطحالب الخضراء المزرقة تنتشر وتزهـر في المياه عندما تتوفر الظروف الآتية:

- توفر العناصر الغذائية خاصة الفسفور و النيتروجين، لدرجة تكفي للنمو
- عندما يكون الماء راكدا أو قليل الاضطراب لدرجة كبيرة
- حالة الطمس مستقرة لفترة طويلة
- أن يكون الطقس دافئا، تقع غالبا في الأنهر بطيئة الجريان أو البحيرات أو السدود المائية أو الخزانات. يمكث التزهـر لعدة أسابيع و أحيانا لعدة أشهر.
- وانخفاض الحرارة أو ازدياد سرعة الرياح أو سرعة التيار قد يقلل أو يوقف تزهـرها وبسرعة .

عندما ينتهي التزهـر أو تبدأ الطحالب في الموت، قد تزداد تركيزات المواد السامة

الأضرار الناتجة من حدوث ظاهرة الإزدهار

لا تقتصر الأضرار الناتجة من حدوث الإزدهار على تلويث البيئة المائية فحسب بل تتعدى ذلك إلى حدوث بعض الأضرار نوجزها في الآتي:

تتضرر الأسماك بإنسداد خياشيمها مما يترتب عليه عدم تمكن الأسماك من إستخلاص الأكسجين مما يؤدي إلى نفوقها (موتها).

إستنزاف الأكسجين. عندما تقوم الطحالب بإستنفاد المغذيات (النترات والفوسفات) في البيئة المائية مما يترتب على ذلك موت الكائنات المائية وتحللها

لعدم توفر الغذاء المناسب مما ينتج عنه تكاثر البكتيريا بسرعة وبكثرة. تفقد الأسماك شهيتها وتصبح معرضة للإصابة بالأمراض.

التسمم المباشر: تنتج الطحالب الضارة مواد سامة تؤدي إلي نفوق الأسماك بأعداد كبيرة عندما توجد بتركيزات عالية في أنسجة الأسماك. عند تناول الإنسان للأسماك المسمومة يتضرر ويصاب بالمرض نتيجة هذه السموم.

بعض الكائنات البحرية كالمحار والقواقع تتغذي عن طريق ترشيح الهوائم السامة من المياه فتتركز المواد السامة في جهازها الهضمي من دون أن تتضرر حيث أن هذه الكائنات لا تتأثر بتراكم السموم إلا أنه عند تناول المحار المسموم فإنه يؤدي إلي الإصابة بالمرض وفي بعض الحالات إلي الموت

نستطيع أن نقلل من تزهـر الطحالب الخضراء المزرقة عبر مجموعة من العمليات

تقليل تركيز العناصر الغذائية في مصادر المياه. ويعتبر الفسفور والذي يصل الماء عبر الرواسب التي تدخل المياه المصدر الأهم وراء تزهـر الطحالب وانتشارها. تشجيع معايير المحافظة على المياه. تطوير أو تحسين التقنيات الخاصة بمعالجة أو نزع السموم من المياه الملوثة.

كيفية التحكم في الطحالب المتجمعة (التحكم في التزهـر)

١- التحكم الميكانيكي:

غالباً يتم التحكم في الطحالب يدوياً عن طريق شبك أو حبال للطحالب الخيطية أو عن طريق هابات دقيقة الفتحات للطحالب الخضراء المزرقة.

٢- التحكم البيولوجي:

أثبتت بعض الدراسات أن **سمكة المبروك الفضي** عند ٥-١٥ جم تقوم بفلتره المياه من الطحالب الخضراء المزرقة (السيانوبكتريا).

٣- التحكم الكيميائي:

بعض الدراسات الحديثة أوصت باستخدام **كبريتات الألومنيوم (الشبة)** لقدرتها علي إزالة الطحالب بالتكتل والتخثير في محطات معالجة المياه مع ضمان عدم إطلاق السموم.

حمض التنيك: يستخدم حمض التنيك ١،٢ ملجم/لتر (٥ كجم/فدان) بالرش المباشر علي التجمعات الطحلبية ويقوم حمض التنيك بمهاجمة الطحالب الخضراء المزرقه وترك باقي الهائمات وهذا لا يؤدي إلي النقص المفاجئ في مستوي الأوكسجين.

أقسام الطحالب

أولاً: الطحالب الخضراء المزرقه Division: Cyanobacteria (Cyanophyta)

تعرف الطحالب الخضراء المزرقه باسم السيانو - باللاتيني يعني أزرق وكما تعرف باسم الطحالب اللزجة (**Myxophyta**) وهي توجد في كل مكان حيث يعيش أفراد منها في المياه العذبة والمالحة وبعضها يعيش في التربة الرطبة، وعلى الصخور وأفرادا منها تستطيع أن تعيش في الينابيع الحارة التي قد تصل درجة حرارتها إلى ٧٥ درجة مئوية، وقد يتطفل أفرادا منها على الجهاز الهضمي للإنسان .

مُنذ القدم كان الإعتقاد السائد ان الطحالب الخضراء المزرقه هي مجموعة يجب أن تُصنف او تتبع النظام النباتي في التقسيم وذلك للتشابه بينها وبين النباتات الراقية في إحتوائهما على صبغ الكلورفيل وقيامهما بعملية البناء الضوئي.

ولكن بعد التقدم في علم الميكروسكوب قام بعض علماء البكتريا بدراسة التراكيب الداخلية للطحالب الخضراء المزرقه ووجدوا ان المادة النووية تنتشر في السيتوبلازم ولا يحيط بها غلاف نووي وهي بذلك تتشابه مع البكتريا في التراكيب الخلويه الداخليه لذلك طالبو بأن تُصنف الطحالب الخضراء المزرقه ضمن النظام البكتيري وليس فقط ضمن النظام النباتي التقليدي. وطالبوا ايضاً بأن يكون هناك أكثر من طريقة للدراسة وان لا تنحصر دراسة الطحالب الخضراء المزرقه على النظام التقليدي فقط بل بالإضافة على طرق حديثه اخرى مثل الدراسة الفسيولوجية ، البيئية ، التحليل الكيماوي ، والتراكيب السيتولوجيه وغيرها. وحدى بهذا العلماء أن تنضم الطحالب الخضراء المزرقه والبكتريا في مملكة واحدة هي مملكة

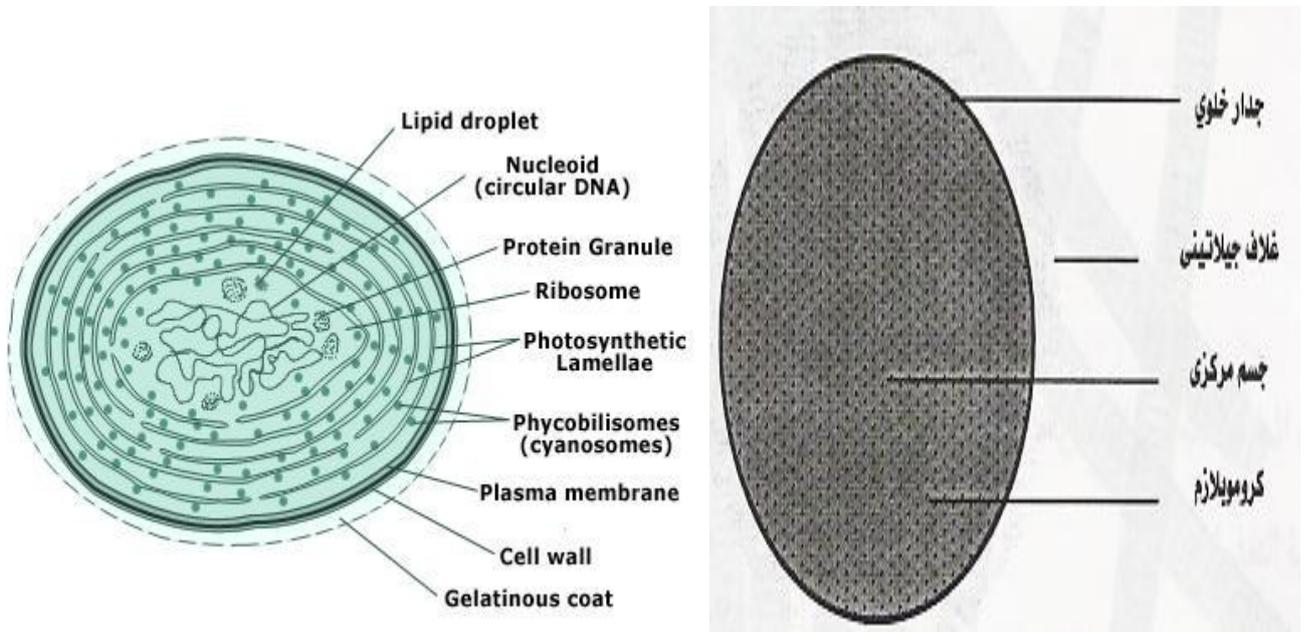
المونيرا او Prokaryota

الصفات العامة للطحالب الخضراء المزرقه

- ١- كائنات بدائية (غير حقيقية النواة) .
 - ٢- تفتقر الخلية الى بعض العضيات مثل : البلاستيدات ، الميتوكوندريا والشبكة الاندوبلازمية وجهاز جولجي .
 - ٣- كائنات ذاتية التغذية اي انها تقوم بعملية البناء الضوئي وتصنيع غذائها بنفسها وذلك لإحتوائها على صبغ الكلورفيل
 - ٤- غياب التكاثر الجنسي وتكاثر بطريقة الإنقسام الثنائي البسيط او التجزئة (التفتيت)
 - ٥- تختلف في الوانها من الاخضر الى الاخضر الزيتوني الى وذلك لإحتوائها على اصباغ مثل الفيكوساينين **phycocyanin** (الأزرق اللون والصبغ السائد) ، وصبغ الفيكوارثيرين (الاحمر اللون) وصبغ الكلورفيل (الاخضر اللون) والكاروتين (البرتقالي اللون) والزانتوفيل (الاصفر اللون).
 - ٦- كائنات متباينة الشكل تضم وحيدة الخلية ، مستعمرات ، او خيطية .
 - ٧- واسعة الإنتشار في الطبيعه ولها القدره على العيش في بيئات مختلفه وتحمل الظروف البيئية المختلفه من جفاف وحراره وبروده.
 - ٨- خلاياها غير قادرة على الحركة لافتقارها لوجود الاسواط ولكن يمكن لها الحركة بواسطة الانزلاق فوق الطبقة الهلامية التي تفرز من سطح الخلية.
 - ٩- مادة التخزين الناتجة بعد البناء الضوئي هي نشا **السيانوفيسين Cyanophycean** وهو نشا شبيه بالنشا الحيواني (الجليكوجين) والنشا الحقيقي لا وجود له في هذه المجموعة من الطحالب .
 - ٨- للكثير من أنواعها القدرة على تثبيت نيتروجين الهواء الجوي .
- بيئتها:** الأماكن الرطبة الظليلة، طافية أو مثبتة في المياه العذبة أو المالحة، على سطوح التربة. ويلاحظ أن غالبية الطحالب قادرة على المعيشة في مدى واسع من درجات %الحرارة والملوحة فيستطيع بعضها أن يعيش حتى درجة ٨٠ م° ، وحتى ٥.٢ ملوحة.

تركيب الخلية الداخلي للطحالب الخضراء المزرقه

يتركب الجدار الخلوي من بيبندوجليكان والذي يتضمن وحدات من الاستيل جلكوز امين N- acetylglucosamine واستيل ميوراميك N- acetylmuramic و ويحاط الجدار بغلاف خارجي هلامي او جيلاتيني يعمل على حمايتها من الجفاف والحراره. يتميز السيتوبلازم الى طبقتين :الطبقة الاولى اغشية خارجية وتكون مشبعه بالاصباغ المختلفه والتي تترتب على اغشية الثايلاكويد وتسمى chromatoplasm بلازما محيطيه الملونه والطبقة الثانية او جسم مركزي داخلي عديم اللون تنتشر فيها الماده النووية والتي لا تُحاط بغلاف نووي وايضا تحتوي على الريبوسومات وتكون على شكل كريات صغيره وهذه الاخيرة مهمه في عملية بناء البروتين للطحلب كما ينتشر في السيتوبلازم العديد من الحبيبات الادخارية او النواتج تمثيلية مخزنه مثل الجليكوجين Glycogen والنشاء الادخاري الناتج من عملية البناء الضوئي يسمى بروتين سيانوفيسين cyanopheceen . البروتوبلاست عادة خالي من الفجوات العصارية ، وعدم وجود الفجوات العصارية تعتبر من الاسباب التي تجعل الخلية مقاومة للجفاف والضغط الاسموزية العالية قد تتكون هذه الفجوات في الخلايا المسنة.

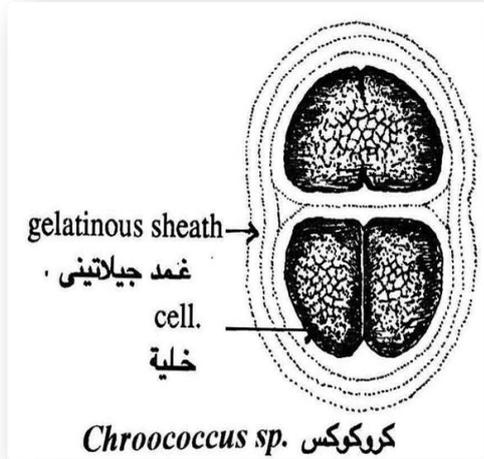


تركيب الخلية في الطحالب الخضراء المزرقة

أوجه التشابه بين الطحالب الخضراء المزرقة وبن البكتريا

- ١- تحتوي المجموعتان على انوية بدائية منتشرة في السيتوبلازم تتكون من الحامض النووي الحلقي (DNA غير محاط بغلاف نووي وليس لها سائل نووي وهي صفة بكتيرية.
- ٢- عدم وجود التكاثر الجنسي . تنقسم خلاياها انقساماً ثنائياً بسيطاً (بالإنشطار) مثلها مثل البكتيريا .
- ٣- تشابه في مكونات الجدر الخلويه .
- ٤- احتوائهما على اجسام خضرية بسيطة التركيب ولا يوجد بهما تراكيب مثل الميتوكوندريا واجسام جولجي والشبكة الاندوبلازمية وغيرها .
- ٥- المقدرة على تحمل درجات حرارة عالية.
- ٦- قدرة بعض اجناسهما على تثبيت النتروجين الجوي .
- ٧- خلاياها سالبة لصبغ الجرام مثل بعض أنواع البكتيريا .

اشكال الطحالب الخضراء المزرقة

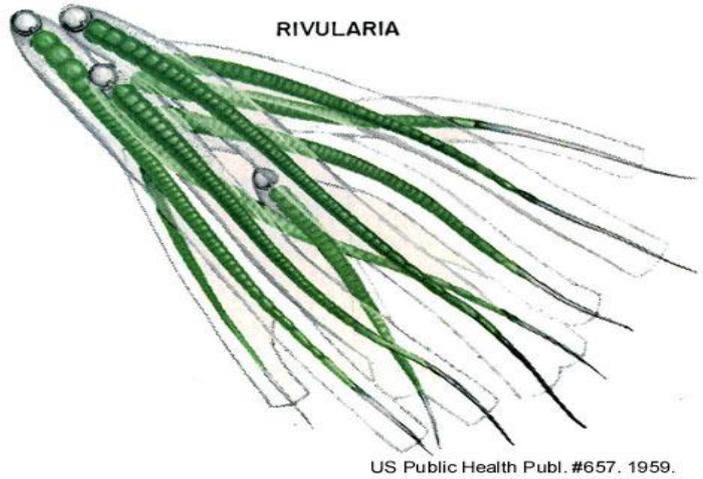
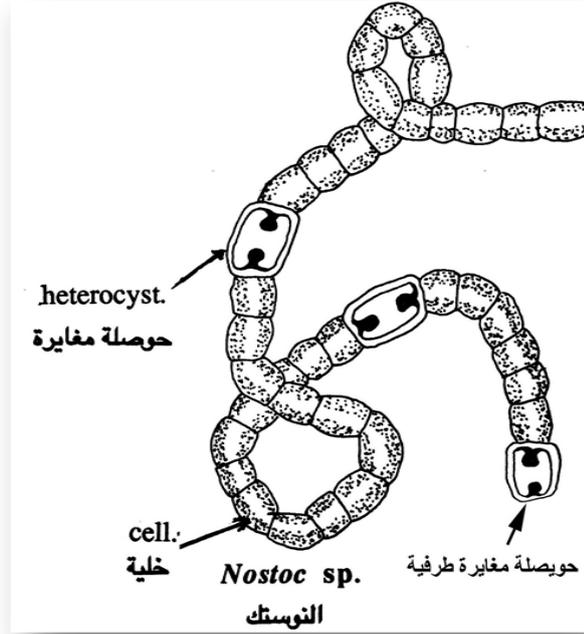
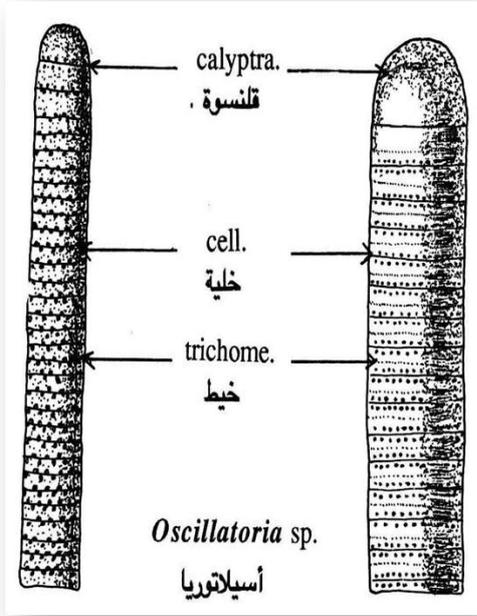


- ١- وحيدة الخلية اما تكون منفردة (كروية ، عصوية ، وحلزونية) مثال - *Chroococcus*
- ٢- خلايا متجمعة في شكل مستعمرات مثال *Merismopedia*
- ٣- خيطية الشكل اما تكون (متفرعة او غير متفرعة)

مثال - تفرع كاذب *Scytonema*

مثال - تفرع صادق *Stigonema*

مثال- الغير متفرعة *Anabaena*



التفرع في الطحالب الخضراء المزرقه

يوجد نوعين من التفرع احدهما كاذب والآخر حقيقي.

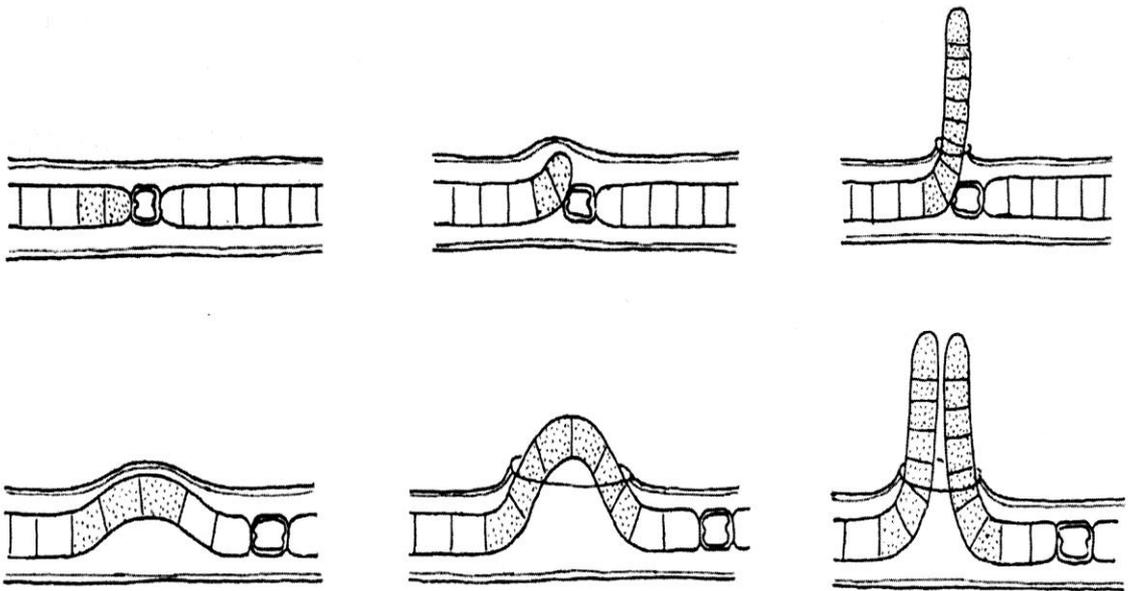
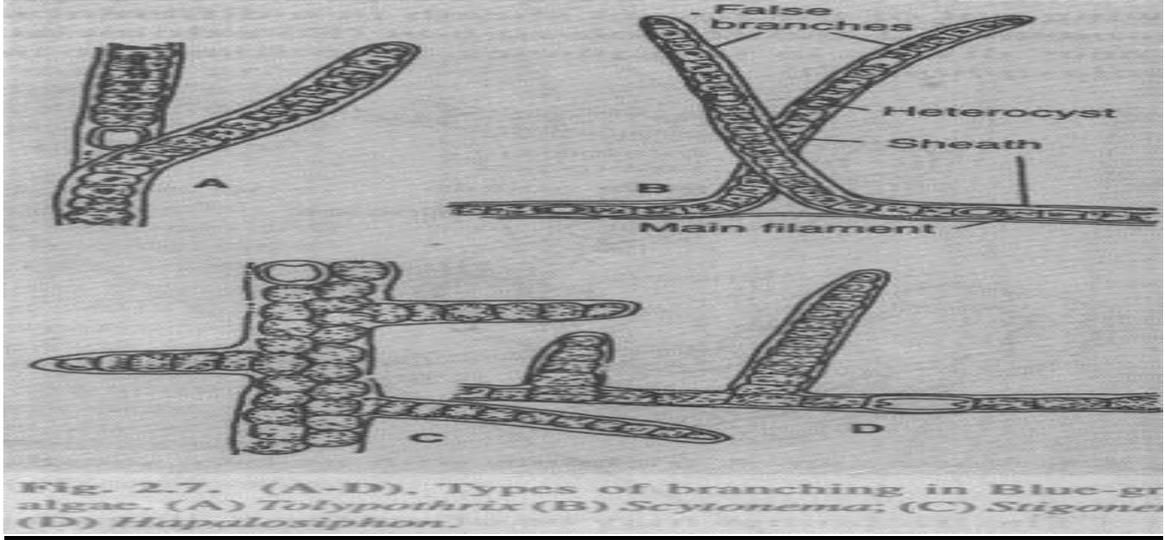
١- التفرع الكاذب False branching

- ينتج التفرع الكاذب نتيجة تحلل الخلايا البينية مما ينتج عنه نمو بين خلوي يتولد عنه ضغط على الغمد او الغلاف يؤدي الى تمزق الغلاف ويكون نشوء فرع خارجي من التراكوم او من الخيط الطحلي خارج الغلاف. هذا التفرع الكاذب لا ينتج من

انقسام خلوي وانما نتج من تمزق خلايا الترايكوم نتيجة الضغط الواقع عليه. عليه. الفرع الكاذب ما هو الا أمتداد للخيط الأصلي. مثال طحلب *Scytonema* يُكوّن التفرع الكاذب اما احادي او ثنائي

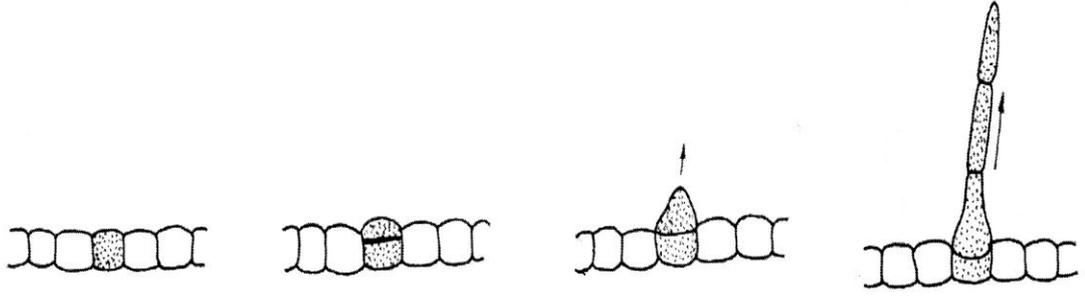
٢- التفرع الصادق True branching

التفرع الصادق ينشأ عن انقسام بعض الخلايا في مستوى عرضي جديد وتتخذ مسار متعامد على الترايكوم. مثال طحلب *Stigonema*



False branching

تفرع كاذب



True branching

تفرع صادق

Heterocysts المغايرة

تنشأ الحويصلة المغايرة من خلية خضريه حديثة التكوين ناتجة من الانقسام الثنائي تتحرر احدهما او كليهما الى الحويصلات المغايره فيصبح لونها باهتا وتستدير الجدر النهائي لها ويصاحب ذلك بعض التغيرات

ظروف تكوينها

- ١-الإضاءة الضعيفة .
- ٢- زيادة كمية الفوسفات في الوسط .
- ٣- قلة كمية النيتروجين في الوسط .

* أهميتها

- حتى الآن لم يستدل بصفة قاطعة على عمل وأهمية الحويصلات المغايرة إلا أن هناك بعض الافتراضات منها:
- 1- إحدى وسائل التكاثر اللاجنسي ، حيث تنفصل الهرموجونات عند مواضعها .
 - 2- تفرز مواد تساعد على النمو.
 - ٢-تعمل كمركز لتثبيت النيتروجين الجوي فهي مركز تخليق وإنتاج إنزيم النتروجينيز ، المسئول عن عملية التثبيت لنيتروجين الهواء الجوي .
 - ٣- اماكن لتخزين المواد الغذائية

الخصائص التكاثرية في الطحالب الخضراء المزرقه

التكاثر الجنسي غير معروف لذلك نمط التكاثر الذي تتبعه الطحالب الخضراء المزرقه هو اما تكاثر خضري او لاجنسي.

اولاً : التكاثر الخضري Vegetative reproduction

١- الانقسام الثنائي البسيط Binary fission

بعد أن تصل الخلية النمو تنقسم بواسطة جدار شبه حلقي يمتد للداخل حيث يبدأ الانقسام اولاً بتقسيم النواة الى نواتين ثم يزداد تخرس الجدار للداخل فيقسم محتويات السيتوبلازم ثم الغشاء حتى يفصل الخلية الى خليتين متماثلتين تشبهان الخلية الأم تماماً

مثال- *Chroococcus*

٢- التفتيت (التجزئة) Fragmentation

تتكون عن طريق انفصال اجزاء من الثالوس او من الخيط الطحلي بواسطة تكوين قرص الانفصال او نيكريديا أو necridia الذي نشأ عن طريق موت احد الخلايا الخضرية عن طريق تحلل الجدر الفاصله بين الخلايا. في الخلايا الخيطيه هذه الاجزاء المنفصله تُسمى هرموجونات ويمكن لها ان تنفصل عن الخيط الطحلي ومن ثم تنمو لتكون فرد طحلي جديد. مثال *Oscillatoria*

ثانياً : التكاثر اللاجنسي Asexual reproduction

١- الجراثيم الساكنة Akinetes

الأكينيت هو عباره عن خلية خضريه تحولت الى جرثومه ساكنه نتيجة الظروف البيئية الغير ملائمة هذه الخلية تزداد في الحجم نتيجة لتخزين المواد الغذائية بداخلها وتحيط نفسها بغلاف خارجي سميك ليحميها من الظروف الخارجيه الغير ملائمة ، عند تحسن الظروف البيئية يمكن لها ان تستخدم المواد الغذائيه المخزنه للإنبات لتعطي طحلب جديد .

مثال - *Anabaena*

٢- الجراثيم الداخلية Endospores

انقسام متعدد للسيتوبلازم الى عدد من الوحدات الصغيرة بداخل الخلية من الممكن ان يحط نفسه بغلاف او ان تكون عاربه بداخل الخلية الأم ولا تكون جدارها حتى تتحرر من الخلية الام وتنمو لتكون فرد طحليبي جديد

مثال - *Dermocarpa*

٣- الجراثيم الخارجية Exospores

تنشأ عن طريق تمزق جزء من الجدار العلوي للخلية ثم يبرز جزء من السيتوبلازم للخارج بعدها تتجزأ وحدات السيتوبلازم وتنفصل للخارج فتكون فرد طحليبي جديد.

مثال- *Chamasiphon*

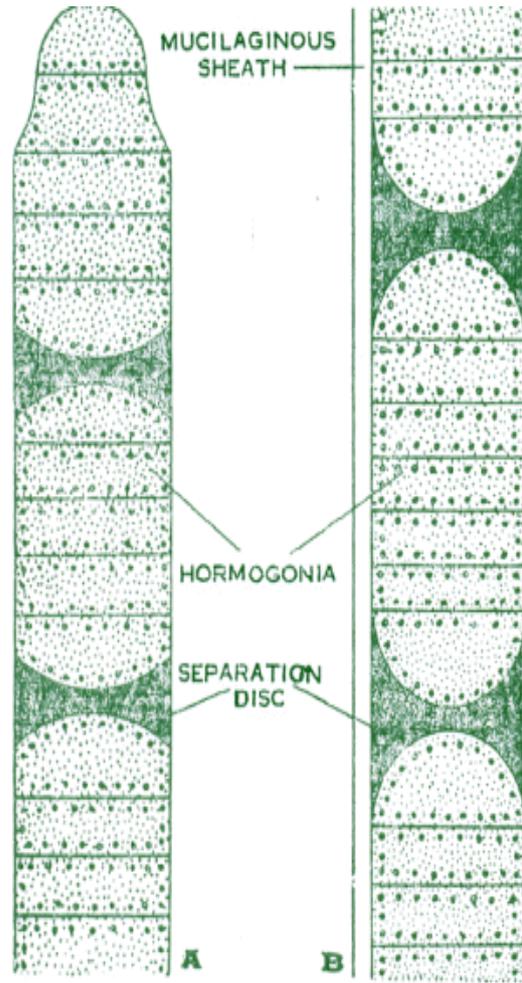
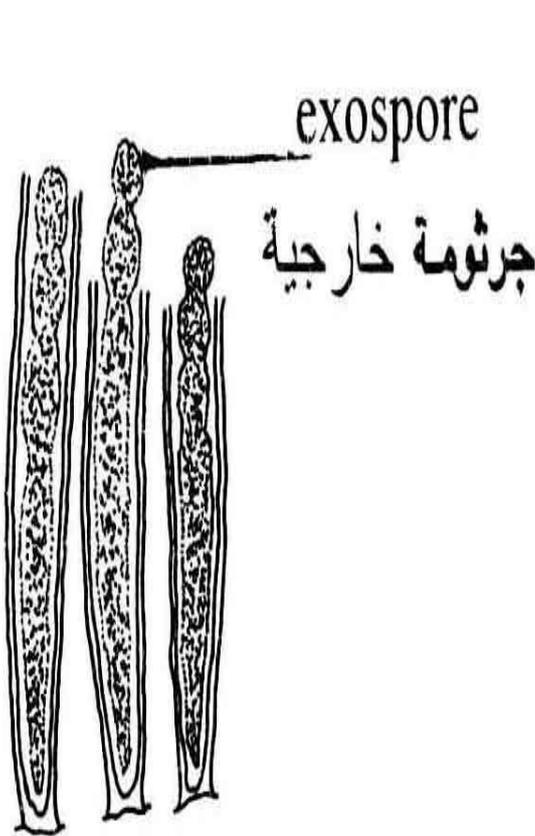
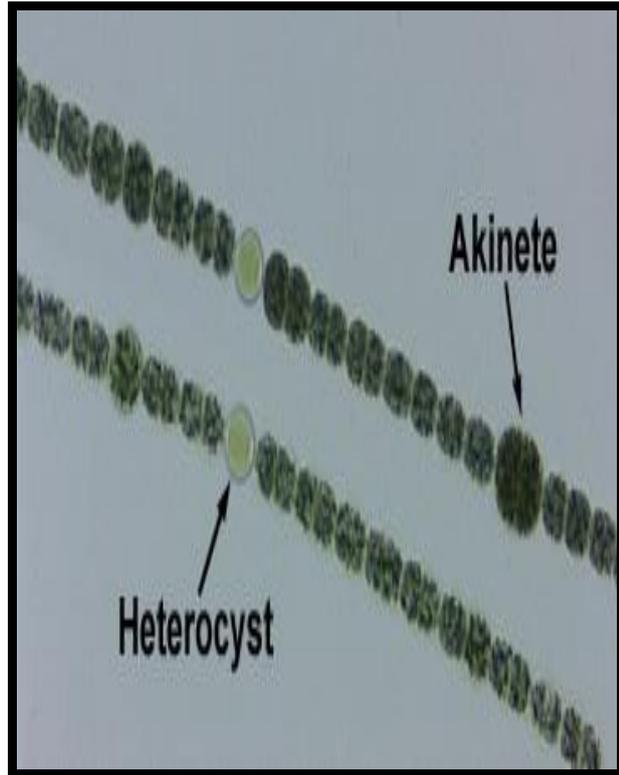
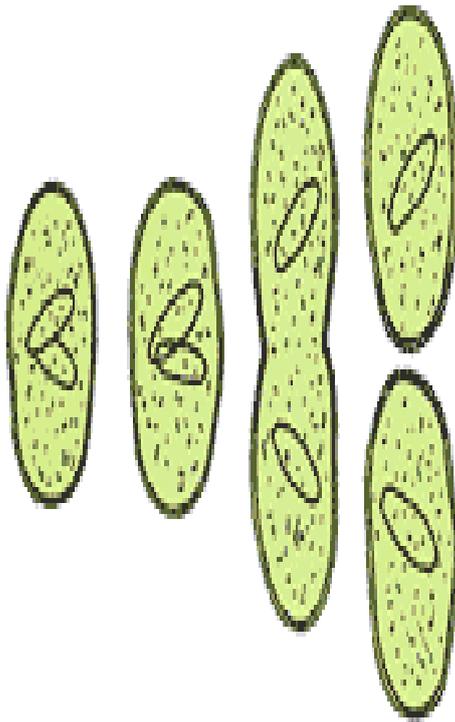
٤- الجراثيم الصغيره (الانقسام المتعدد) Nanocystis

تنقسم فيها الخلايا انقسام سريع لتعطي خلايا صغيرة في شكل تجمعات وعند نموها تعطي مستعمرات طحليبيه مثال - *Microcystis*

الأهمية الاقتصادية:

تعتبر الطحالب الخضراء المزرقة مصدراً لغذاء الأسماك والكائنات البحرية الحيوانية الأخرى .

تعمل بعض الأنواع على خصوبة التربة عن طريق إمدادها بالنيتروجين مما يضاعف من الإنتاج الزراعي تفرز الكثير من الطحالب الخضراء المزرقة مركبات كريهة الرائحة قد تكون سامة للإنسان .



كيموسيفون. *Chamaesiphon* sp.

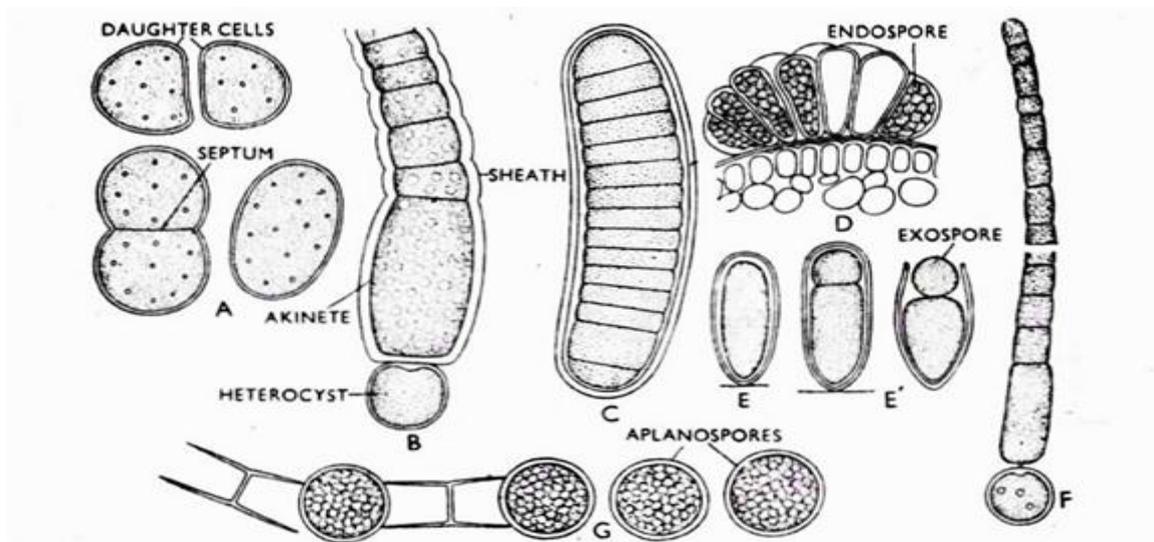
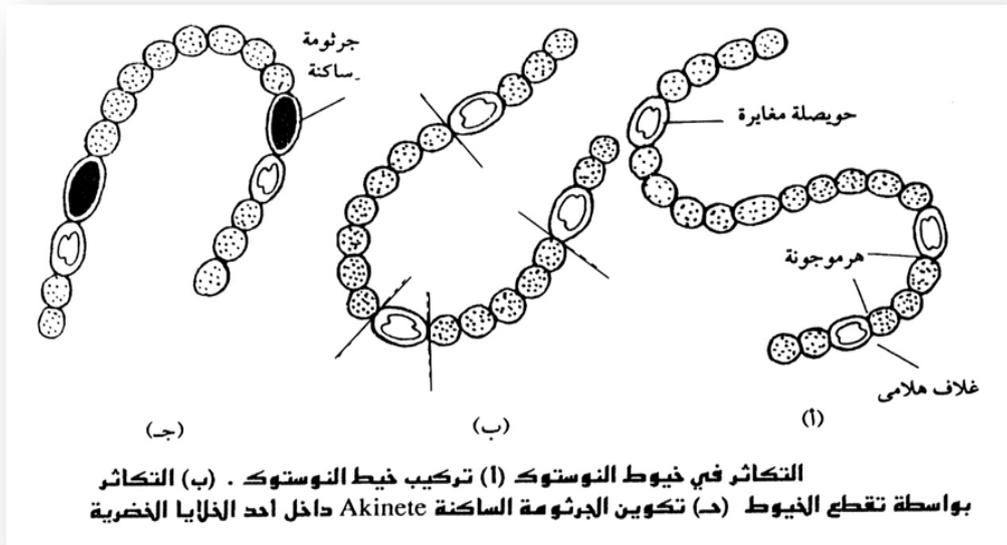
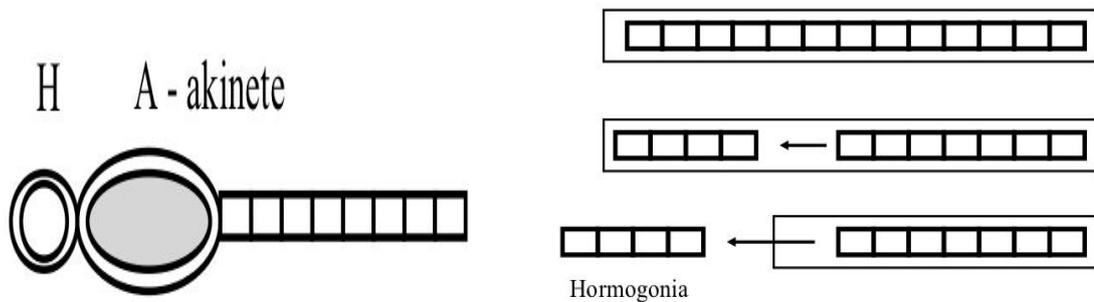


Fig. 10. Spore forms and vegetative reproduction in Algae. A. Simple cell division in unicellular alga *Synchococcus* sp. B. Filament of *Gloeotrichia natans* with akinete and heterocyst. C. Hormospore of *Westiella* sp. D. Group of individuals with endospores of *Dermocarpa prasina*. E-E'. *Chamaesiphon incrustans* showing exospore formation. F. Fragmentation of filament of *Cylindrospermum muscicola*. G. Aplanospores of *Microspora willeanu*.



تقسيم الطحالب الخضراء المزرقة

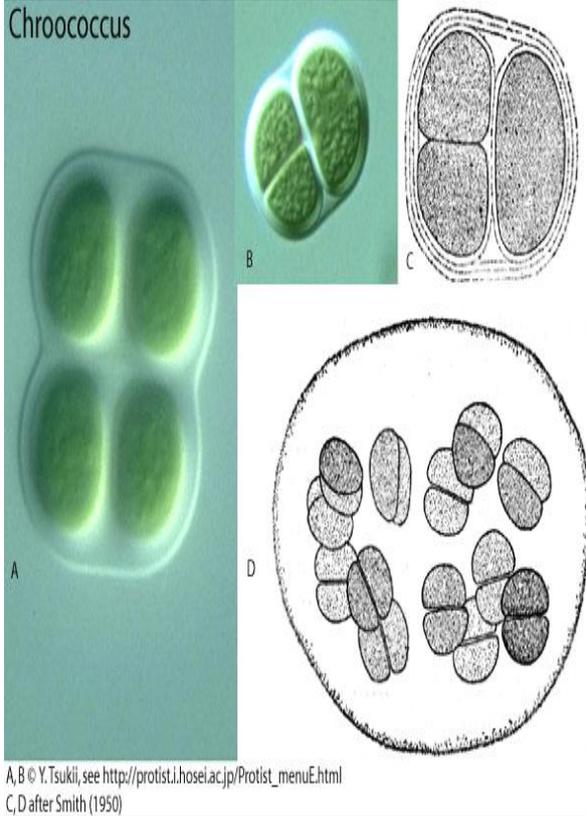
تُقسم الطحالب الخضراء المزرقة عادة إلى خمسة رتب أساسية :

- ١- رتبة الكروكوكالس Chroococcales
- ٢- رتبة Chamaesiphonales Order: كيموسيفونالس
- ٣- رتبة Pleurocapsales Order: هرموجونالس
- ٤- رتبة الهرموجونالس Order: Stigonematale
- ٥- رتبة الستيجونيمالس

بليروكابسيلاس

Order: Chroococcales رتبة الكروكوكالس Family: Chroococcaceae

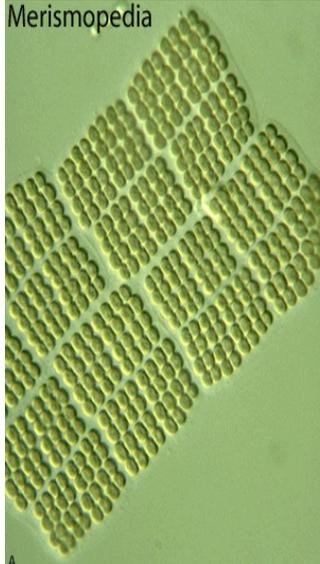
جنس الكروكوكس Chroococcus



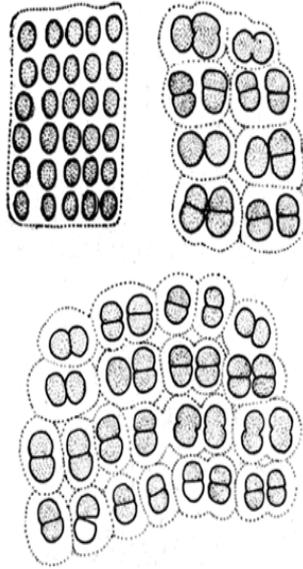
- ١- الخلايا فيه تكون وحيدة الخلية (كروية مستعمرات).
- ٢- تتواجد في البرك وفي المياه الراكدة.
- ٣- طرق التكاثر بالإنشطار (الانقسام الثنائي البسيط) او التجزئه.
- ٤- يتراوح حجم الخلية بين ١ - ١٠ ملليمكرون.
- ٥- يتكون السيتوبلازم من منطقتين (منطقه مركزية عديمة اللون ومنطقة محيطية ملونة) يحيط بهما غلاف هلامي رقيق.

جنس جلوكاسا Gloeocapsa

- ١- الخلايا فيه تكون متجمعة في شكل مستعمرات مصفرة او بنية او زرقاء اللون.
- ٢- تكون الخلية بيضاوية الى كروية.
- ٣- تعيش على الصخور الرطبة او مع العالقات المائية.
- ٤- تتكاثر بالإنشطار وقد تتكاثر بالانقسام في اكثر من مستوى.



A © Y. Tsukij, see http://protist.i.hosei.ac.jp/Protist_menuE.html
B after Prescott (1951)



جنس Merismopedia

ميروزموبيديا

- ١- الخلايا تكون كروية الى نصف كروية مستديرة وتتواجد داخل صفائح على هيئة رقعة خلوية تكون مسطحة او منحنية.
- ٢- تتواجد مع العوالق المائية وفي المياه الراكدة.
- ٣- التكاثر فيها يتم بالتجزئة.

ثانياً: رتبة كيموسيفونالس Order: Chamaesiphonales

جنس الكيموسيفون Chamaesiphion

- ١- عبارة عن خلية واحده مثبته بقاعدة مستديرة او مدببه او اسطوانية وتستطيل لأعلى.
- ٢- تتكاثر بطريقة الجراثيم الخارجية.
- ٣- تعيش على اجسام بعض النباتات المائية وعلى الطحالب.

ثالثاً: رتبة Order: Pleurocapsales

البليروكابسلاس

جنس Pleurocapsa

- ١- يتكون في بدايته من خيط يعلق على كائنات اخرى ثم يتفرع ليعطي شكل برانشيمي.
 - ٢- توجد على اجسام طحالب اخرى.
 - ٣- تتكاثر بالجراثيم الداخلية.
- مثال آخر طحلب *Dermocarpa*

رابعاً: رتبة Order: Nostocales

الهرموجونالس

Suborder: Hormogonales

تضم النوستوكاليس اربع فصائل:

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| Family: Oscillatoriaceae | ١- فصيلة اوسيلاتورياسي |
| Family: Nostocaceae | ٢- فصيلة النوستكايسي |
| Family: Scytonematacea | 3- فصيلة الستونيماسي |
| Family: Rivulariaceae | ٤ - فصيلة الريفيلاريسي |

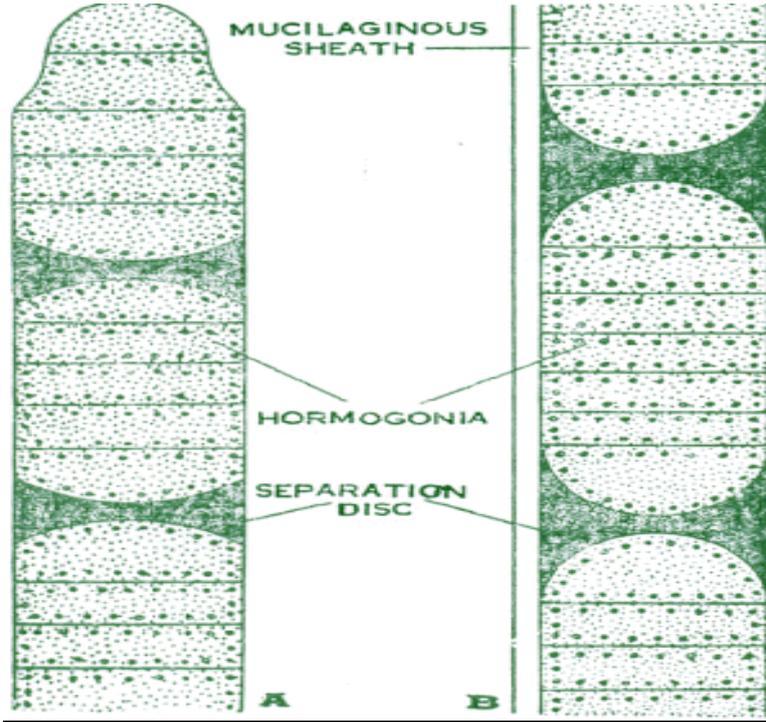
١- الفصيلة الاوزويلاتورياسيه Family: Oscillatoriaceae



All after Entwisle et al. (1997)

Oscillatoria جنس

- ١- توجد على سطح التربة الرطبة وعلى الصخور المبللة بالماء.
- ٢- الطحلب يكون trichome على شكل خيط (تريكوم)
- ٣- طرف التريكوم العلوي يكون محدب واحيانا يحتوي على قلنسوه وتحديد طرف التريكوم يعتبر من الصفات المهمة في تعريف الطحلب.
- ٤- لاتوجد بها حويصلات مغايرة.
- ٥- تتكاثر بالهرموجونات (تكوين قرص الانفصال او النيكريديا).
- ٦- تحتوي الخلايا Granuales احيانا على حبيبات



٢- فصيلة النوستكايسي Family: Nostocaceae

Nostoc جنس

١- طحالب ارضية اكثر منها مائية وتوجد في الأراضي القلوية وعلى الصخور البللة بالماء.

٢- تكون على شكل خيوط طحلبية تلتف معاً داخل غمد مخاطي.

٣- تحتوي على حويصلات مغايره heterocytes

٤- الحويصلة المغايرة تكون اما قمية او بينيه وهي مهمه في عملية تثبيت

النتروجين وتختلف عن الخلية الخضرية بأنها باهتة اللون لأن محتوياتها عديمة اللون وتكون مستديرة الشكل ولها جدر سميكه واكبر في الحجم وتوجد بها عقدتين عند الطرفين.

٥- توجد بها Akinetes اكينيت

الاكينيت اكبر في الحجم من الخلية الخضرية ونشأت نتيجة الظروف البيئية الغير ملائمة تخزن بداخلها مواد غذائية تستطيع استخدامها للإنبات عند تحسن الظروف لذلك تكون اكبر في الحجم وتحيط نفسها بجدار سميك لتحميها من الظروف الخارجية.

٦- تتكاثر بطريقة الجراثيم الساكنه.

مثال آخر طحلب *Anabaena*

يختلف عن النوستك في ان خلاياه اسطوانية بالمقارنة بخلايا النوستك الدائرية ويتشابه مع النوستك في الصفات الأخرى.

التكاثر في النوستوك

عندما يصبح النوستك مسنا تتحول بعض الخلايا الخضرية إلى جراثيم ساكنه تحيط نفسها بجدر سميكة وتتجمع بداخلها المواد الغذائية المختزلة وتتخذ اللون البني أو الأصفر، والجرثومة الساكنة يمكنها أن تثبت نفسها ثم تنبت لتكون خيطاً جديداً يشبه الخيط الأصلي.

يتكاثر النوستوك بإحدى الطرق الآتية

• تقطع الخيوط :

وذلك بتقطيع الخيوط إلى أجزاء صغيرة حيث يحدث الانفصال عادة بين خليتين متتاليتين من الحويصلات المغايرة ويستطيع كل جزء النمو إلى خيط جديد .

٢ - الانقسام الثنائي البسيط :

وذلك بانقسام الخلايا الخضرية انقساماً ثنائياً بسيطاً لتكون خليتين وبذلك يزداد طول الخيط

٣ - التكاثر بتكوين الجراثيم الساكنة : Akinetes

تستطيع بعض الخلايا الخضرية في هذه الطريقة من التكاثر أن تغلف نفسها بجدر سميكة لتكون جراثيماً ساكنة في مقدورها مقاومة الظروف غير الملائمة مثل الجفاف، وتنمو عند تحسن الظروف كل جرثومة ساكنة لتكون خيطاً جديداً .

• الهرموجونات:

• تنشيط الحويصلة المغايرة:

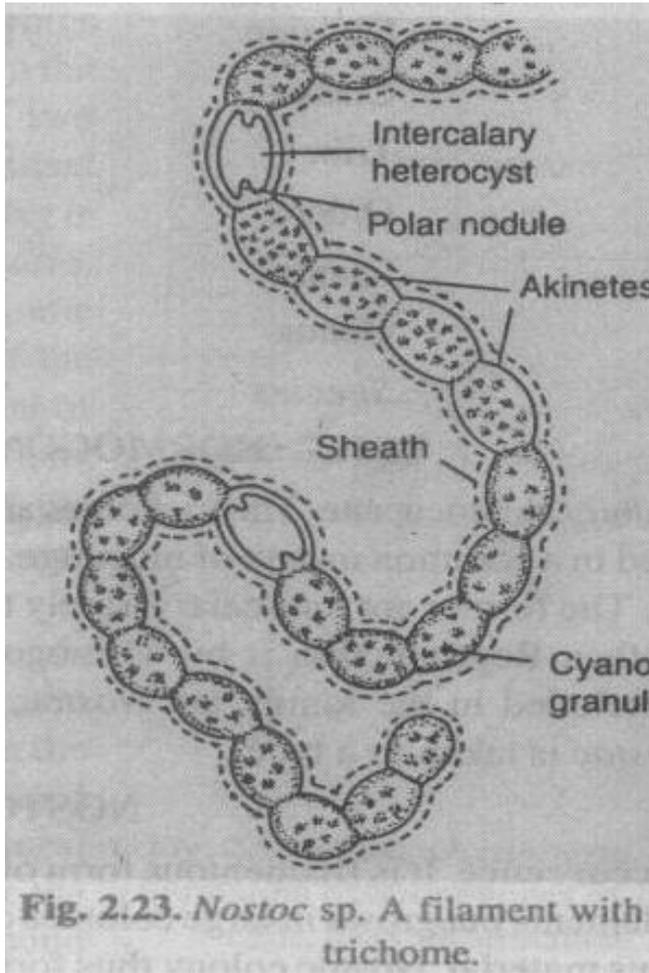
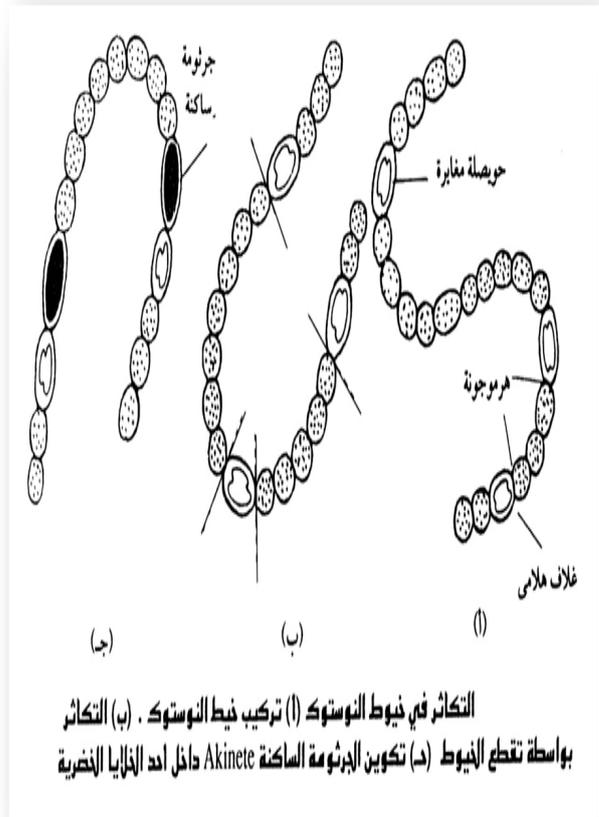


Fig. 2.23. *Nostoc* sp. A filament with trichome.



التكاثر في خيوط النوستوك (أ) تركيب خيط النوستوك . (ب) التكاثر بواسطة تقطع الخيوط (د) تكوين الجرثومة الساكنة Akinete داخل احد الخلايا الخضرية

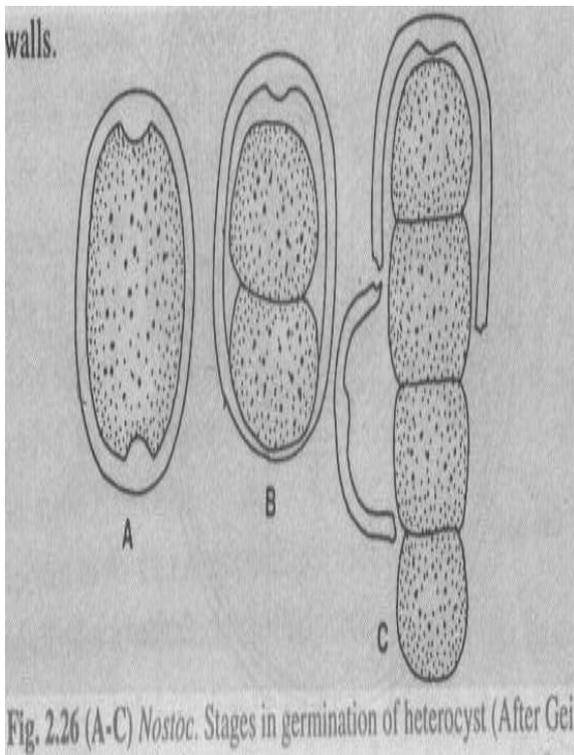


Fig. 2.26 (A-C) *Nostoc*. Stages in germination of heterocyst (After Geit)

مراحل نمو الحويصلة المغايرة

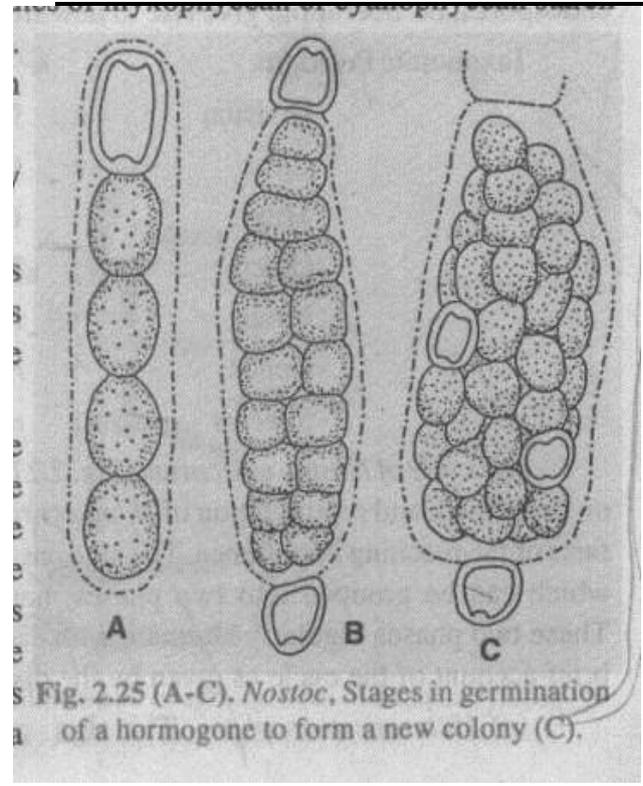


Fig. 2.25 (A-C). *Nostoc*. Stages in germination of a hormogonium to form a new colony (C).

مراحل نمو الهرموجونية

3 Scytonematacea Family: فصيلة الستونيماسي جنس *Scytonema*

- ١- الطحلب خيطي الشكل.
- ٢- طحلب يُكوّن التفرع الكاذب اما احادي او ثنائي False branching
- ٣- ينتج التفرع الكاذب نتيجة تحلل الخلايا البينية مما ينتج عنه نمو بين خلوي يتولد عنه ضغط على الغمد او الغلاف يؤدي الى تمزق الغلاف ويكون نتوء فرع خارجي من الترايكوم او من الخيط الطحلبى خارج الغلاف هذا التفرع الكاذب لاينتج من انقسام خلوي وانما نتج من تمزق خلايا الترايكوم نتيجة الضغط الواقع عليه.
- ٤- التكاثر بواسطة الهرموجونيا.
- ٥- تعيش في المياه العذبة وفي بعض انواع التربة وتوجد طافيه في البرك والمستنقعات.
- ٥- توجد بها حويصلات مغايرة.

Family: Rivulariaceae

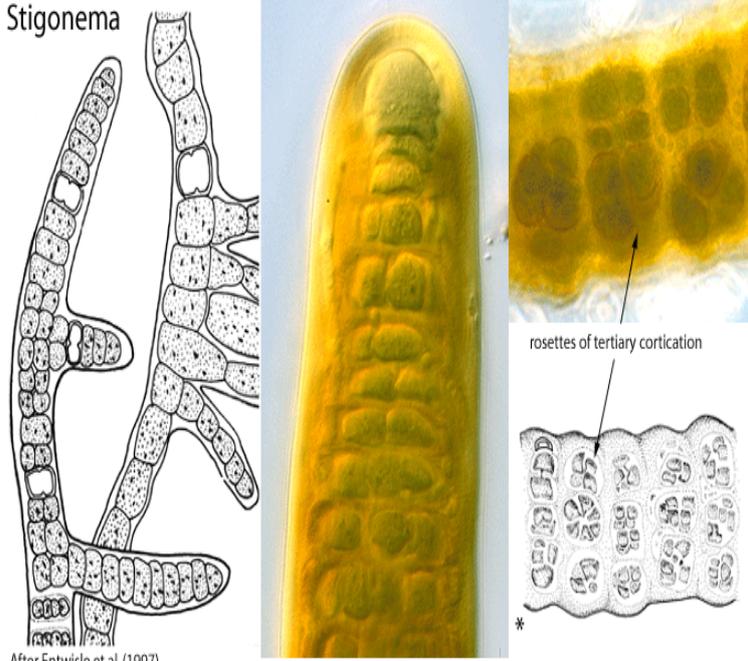
٤ - فصيلة الريفيلاريسي

جنس *Rivularia*



- ١- طحالب خيطيه داخل اغمداد مخاطيه.
- ٢- توجد على الصخور والنباتات المغمورة في الماء.
- ٣- يتميز بوجود حويصلة مغايرة طرفيه الموضع.
- ٤- لاتحتوي على اكينيت.
- ٥- التكاثر بواسطة الهرموجونات.
- ٦- يتميز الترايكوم او الخيط الطحلبى انه عريض عند القاعده ويتدب ناحية الطرف حتى ينتهي بشعييره طويلة.

Order: Stigonematales خامساً: رتبة الستيجونيمالس



After Entwisle et al. (1997)

* © Royal Botanic Gardens & Domain Trust. Artist S. Skinner

جنس Stigonema

- ١- يتواجد على الصخور المبللة بالماء وفي التربة وفي المياه العذبة والمالحة.
- ٢- طحالب خيطيه.
- ٣- تختلف عن غيرها في تكوين التفرع

الصادق

- التفرع الصادق ينشأ عن انقسام بعض الخلايا في مستوى جديد وتتخذ مسار متعامد على الترايكوم.
- ٤- توجد بها حويصلات مغايرة.
- ٥- لاتوجد بها Akinetes
- ٦- الحويصلات المغايرة تكون بينيه

الموضع.

٧- التكاثر بالتجزئة

- ٨- تتميز بغلاف جيلاتيني سميك حول الترايكوم

الطحالب ذات الأنوية الحقيقية

١-الطحالب الخضراء

Division: Chlorophyta

الخصائص العامة للطحالب الخضراء

- ١- أوسع الطحالب انتشاراً في الطبيعة، ويعيش أغلبها على سطح الماء العذب كالبرك والمستنقعات والأنهار، وبعضها يعيش في المياه المالحة و في التربة الرطبة و على الصخور وجذوع الأشجار الرطبة.وممكن ان تشكل حصيرة خضراء على سطح الماء .
- ٢- تشبه النباتات الراقية حيث تتميز خلاياها بوجود نواة حقيقية محددة تحاط بغلاف نووي ، ويوجد بها نوية أو أكثر ، كما توجد شبكة كروماتينية.

٣- توجد انواع عديدة من الأصباغ الضوئية مثل كلوروفيل (أ ، ب) بالاضافه الى الزانثوفيل والكاروتين وتكون متمركزة في البلاستيدات الخضراء. تظهر البلاستيدات تنوعا كبيرا في أشكالها(كأسية - حلزونية - نجمية - شريطية). . تمتاز بلونها الأخضر لإحتوائها على الكلوروفيل (الصبغ السائد). قد تحتوي خلية الطحلب على بلاستيده واحدة كبيرة ، وقد يوجد بها عدد من البلاستيدات الصغيرة .وبلاستيدات الخضراء للطحالب الخضراء تختلف عن بلاستيدات النباتات الزهرية في أن بلاستيدات الطحالب الخضراء تغلف بغشاء منفرد في بعض الأحوال في حين أن بلاستيدات النباتات الزهرية تغلف بغلاف يتكون من غشائين ، كذلك فإن الصفائح الموجودة داخل البلاستيده والحاملة للصبغات في الطحالب الخضراء بعضها متوازية ولا تتميز بها grana أو بها بذيرات مسطحة .تختلف البلاستيدات في الشكل فقد تكون كأسية أو نجمية مسطحة أو مثقوبة أو قرصية .تحتوي أغلب البلاستيدات الخضراء على أجسام كروية بروتينية تحيط بها صفائح نشوية وتعرف بمراكز تكوين النشا أي البيرينويدات pyrenoids ، ويوجد عادة بيرينويد واحد في كل البلاستيدات الصغيرة ، ويوجد عديد منها في كل من البلاستيدات الكبيرة .في بعض الحالات لاتوجد بيرينويدات ، ورغم ذلك فتقوم البلاستيدات العديمة اللون بتجميع النشا.

٤- المواد الغذائية المخزنة تكون في صورة نشاء وتتجمع في مركز خاص يعرف بمركز النشا (Pyrenoid) ، كما قد تخزن زيت بكميات قليلة عادة في الخلايا الخضرية الكبيرة السن وفي الزيجوت.

٥- تتكون خلايا الطحالب الخضراء من بروتوبلاست وجدار خلوي ، ولو أن القليل من الأنواع ليس له جدار خلوي .يتكون الجدار الخلوي من طبقتين الداخلي سليلوزي والخارجي بكتيني.

٦- توجد في بعض الطحالب المتحركة في الناحية الأمامية عادة قرب قواعد الأسواط بقعة عينية stigma حساسة للضوء ، وتوجه حركة الأسواط نحو مركز الضوء ، ويختلف تركيبها في الطحالب المختلفة.

٧- توجد في بعض الطحالب الخضراء المتحركة فراغات منقبضة contractile vacuoles ويوجد عادة فراغان منقبضان بكل خلية يقع كل منهما تحت قاعدة سوط

، ينقبض الفراغان بالتبادل ، ويحدث الإنقباض فجائيا ولكن يحدث التمدد تدريجيا . ويعتقد أن وظيفة الفراغات المنقبضة هو الإخراج حيث تجمع نواتج التحول الغذائي للخلية وتطردها للخارج.

٨- يوجد بالبروتوبلاست عادة فجوات عصارية تشبه الموجودة في خلايا النباتات الراقية ، وهي تبدأ عادة صغيرة وعديدة ، ثم تتجمع وتكبر لتكون فجوة واحدة كبيرة عادة.

٩- يوجد في بعض الطحالب الخضراء أسواطاً من النوع الكرياجي whiplash type ، مسئولة عن حركة هذه الطحالب ، وقد يكون لكل خلية سوطان أماميان كما في طحلب كلاميديموناس والباندورينا والفولفوكس ، وقد تكون الأسواط في وضع سواري كما في طحلب دربسيا . *Derbesia* وفي بعض الطحالب مثل كلاميديموناس وفولفوكس تتصل الأسواط بجهاز حركة Apratus neuromotor يتكون من حبيبة تعرب بالبليفاروبلاست blepharoplast توجد تحت كل سوط ، وتتصل حبيبتي كل خلية معا بخيط عرضي يخرج منه خيط آخر يتصل بالجسم المركزي centrosome المجاور للنواة أو الموجود بداخلها. الوحدات السابحة لها هديان أو هدايات ذات أطوال متشابهة.

١٠- تختلف اجسام الطحالب في هذا القسم في الشكل والتركيب فهي اما وحيدة الخلية متحركة (الكلاميديموناس) وغير متحركة (*Chlorella*) او عديدة الخلايا (مستعمرات) منها المتحرك (*Volvox, Pandorin*) والغير متحرك (*Pdiastrum*) ومنها في صورة خيوط متفرعة (*Cladophora*) وغير متفرعة (*Spirogyra*) شريطي أو الورقي .

١١- ينتشر فيها التكاثر الجنسي ويحدث التزاوج بين أمشاج متشابهة أو مختلفة وكذلك التكاثر اللاجنسي و التكاثر الخضري .
يقع تحت هذا القسم مجموعتين هما :

طائفة **Class: Chlorophyceae**
Class: Charophyceae

الطحالب الخضراء
طائفة الطحالب الكارية

تصنيف الطحالب الخضراء :

يمكن تصنيف الطحالب الخضراء حسب التركيب الخضري إلى :

١- طحالب وحيدة الخلية متحركة أو غير متحركة :

تقوم بجميع الوظائف الحيوية المختلفة من اخراج وتكاثر وحركة وتغذية مثل الكلاميدوموناس (Chlamydomonas) والكلوريلا .

٢- مستعمرة طحلبية غير راقية:

تتكون من عدة خلايا متجمعة، ولا يوجد تقسيم عمل بين خلايا المستعمرة بل تقوم كل خلية بجميع الوظائف الحيوية مثل مستعمرة الباندورينا (Pandorina)

٣- مستعمرة طحلبية راقية:

تتكون من عدة خلايا متجمعة تختلف في أشكالها فمنها ما هو متخصص في عملية التمثيل الضوئي ومنها متخصص للتكاثر أو متخصص فسيولوجي أي يوجد تقسيم في العمل وهذه صورة من صور الإرتقاء مثل مستعمرة الفولفوكس (Volvox)

٤- طحالب خيطية :

يبدو الخيط الطحلي على شكل اسطوانة مستطيلة مقسمة إلى عديد من الخلايا تحتوي على عديد من الأنوية موزعة في سيتوبلازم الخلية.

أ- خيط غير متفرع مثل السبيروجيرا.

ب- خيط متفرع مثل الكلادوفرا.

التكاثر الجنسي في هذا النوع من الطحالب أكثر رقياً من أنواع الطحالب الأخرى الخضراء وفيه تتميز الأمشاج الجنسية إلى أنثريدات Antheridium وأوجونات Oogonium أو عن طريق التزاوج باتحاد الكتل البروتوبلازمية بين الخلايا كما في الاسبيروجيرا.

٥- الطحالب الثالوسية :

تشتمل على الأفراد الثالوسية مثل خس الماء Uva والتكاثر الجنسي في بعض الأنواع من الطحالب يتم بواسطة الأمشاج الذكرية والأنثوية.

أماكن معيشتها:

تنتشر الطحالب الخضراء في المستنقعات وبرك الماء العذب والأنهار ومنها ما يوجد

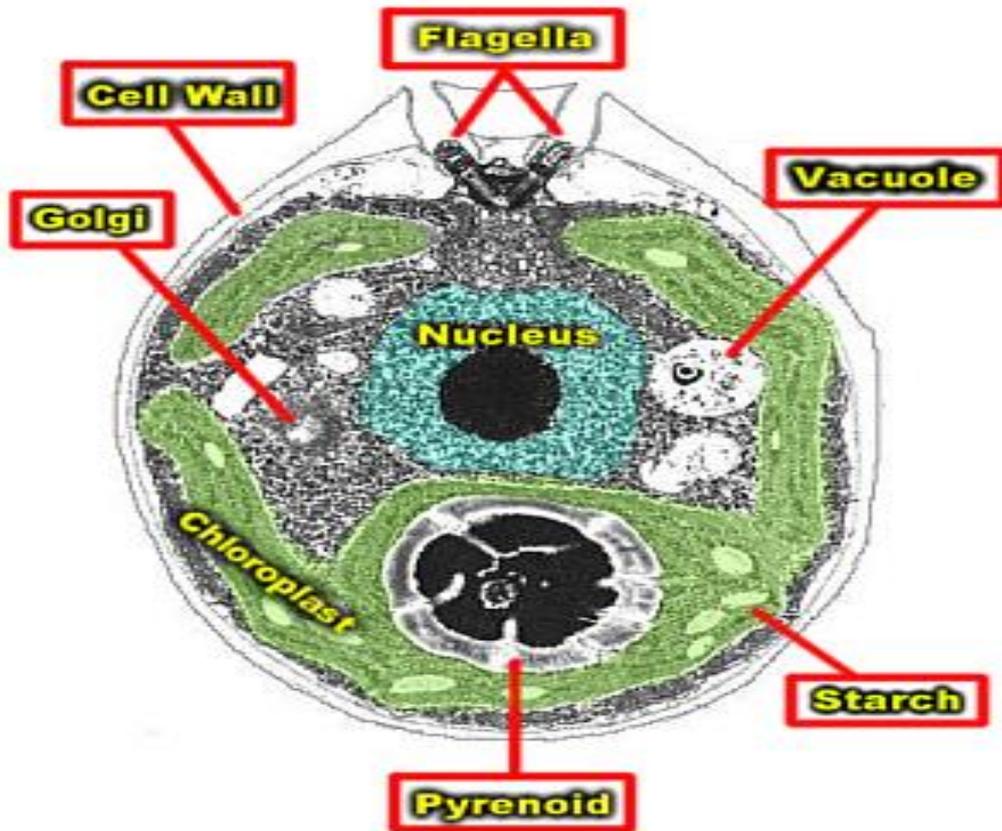
في البحار المحيطات وهناك أنواع من الطحالب الخضراء تتكيف للعيش على التربة الرطبة أو ملتصقة بالصخور أو على بقايا الأخشاب المحللة.

تركيب الخلية في الطحالب الخضراء

تتكون من بروتوبلاست وجدار خلوي ، والقليل من الأنواع ليس له جدار خلوي . يتكون الجدار الخلوي من طبقتين الداخلي سليولوزي والخارجي بكتيني. جميع خلايا الطحالب الخضراء لها نواة مميزة تحاط بغلاف نووي ، ويوجد بها نوية أو أكثر ، كما توجد شبكة كروماتينية .

توجد الاصبغ داخل بلاستيدات خضراء . قد تحتوي خلية الطحلب على بلاستيدة واحدة كبيرة ، وقد يوجد بها عديد من البلاستيدات الصغيرة . والبلاستيدات الخضراء للطحالب الخضراء تختلف عن بلاستيدات النباتات الزهرية في بلاستيدات الطحالب الخضراء تغلف بغشاء منفرد في بعض الأحوال في حين أن بلاستيدات النباتات الزهرية تغلف بغلاف يتكون من غشائين ، كذلك فإن الصفائح الموجوة داخل البلاستيدة والحاملة للصبغات في الطحالب الخضراء بعضها متوازية ولا تتميز بها grana ، تختلف البلاستيدات في الشكل فقد تكون كأسية أو نجمية مسطحة أو مثقوبة أو قرصية . تحتوي أغلب البلاستيدات الخضراء على أجسام كروية بروتينية تحيط بها صفائح نشوية وتعرف بمراكز تكوين النشا أي البيرينويدات pyrenoids ، ويوجد عادة بيرينويد واحد في كل البلاستيدات الصغيرة ، ويوجد عديد منها في كل من البلاستيدات الكبيرة . في بعض الحالات لا توجد بيرينويدات ، ورغم ذلك فتقوم البلاستيدات العديمة اللون بتجميع النشا . يوجد بالبروتوبلاست عادة فجوات عسارية تشبه الموجودة في خلايا النباتات الراقية ، وهي تبدأ عادة صغيرة وعديدة ، ثم تتجمع وتكبر لتكون فجوة واحدة كبيرة عادة . توجد في بعض الطحالب المتحركة في الناحية الأمامية عادة قرب قواعد الأسواط بقعة عينية stigma حساسة للضوء ، وتوجه حركة الأسواط نحو مركز الضوء ، ويختلف تركيبها في الطحالب المختلفة. توجد في بعض الطحالب الخضراء المتحركة فراغات منقبضة contractile vacuoles ويوجد عادة فراغان منقبضان بكل خلية يقع كل منهما تحت قاعدة سوط ، ينقبض الفراغان بالتبادل ، ويحدث الإنقباض فجائيا ولكن يحدث التمدد تدريجيا . ويعتقد أن وظيفة الفراغات المنقبضة هو الإخراج حيث تجمع نواتج

التحول الغذائي للخلية وتطرد لها للخارج. يوجد في بعض الطحالب الخضراء أسواطا من النوع الكرباجي whiplash type ، مسئولة عن حركة هذه الطحالب ، وقد يكون لكل خلية سوطان أماميان كما في طحلب كلاميدوموناس والباندورينا والفولفوكس ، وقد تكون الأسواط في وضع سواري كما في طحلب دربسيا. Derbesia وفي بعض الطحالب مثل كلاميدوموناس وفولفوكس تتصل الأسواط بجهاز حركة neuromotor apparatus يتكون من حبيبة تعرب بالبليفاروبلاست blepharoplast توجد تحت كل سوط ، وتتصل حبيبتي كل خلية معا بخيط عرضي يخرج منه خيط آخر يتصل بالجسم المركزي centrosome المجاور للنواة أو الموجود بداخلها.



تركيب الخلية في الطحالب الخضراء

التكاثر في الطحالب الخضراء

١- يحدث التكاثر خضريا بانفصال أجزاء من الطحلب ثم ينمو كل منها على حدة ، وقد يحدث ذلك نتيجة لتيارات الماء القوية وقد يحدث ذلك طبيعيا كما في طحلب سبيروجيرا . ويعتقد أن كثيرا من الطحالب التي تتكاثر خضريا بانفصال أجزاء منها

طبيعيا يوجد بين خلاياها صفائح وسطحي بكتينية ، وقد يرجع حدوث التجزؤ إلى حدوث تغيرات في تركيب الصفائح الوسطى في منطقة الإتصال .

٢- التكاثر اللاجنسي

ويحدث التكاثر اللاجنسي عادة بتكوين جراثيم ، قد تكون سوطية متحركة zoospores كما في طحلب كلاميدوموناس ، وقد تكون غير سوطية غير متحركة kaplanospores كما في طحلب كلوريللا . *Chlorella*

وتكوين الجراثيم المتحركة صفة بدائية ، وتتكون ذلك الجراثيم داخل خلايا خضرية عادية ، وأحيانا داخل خلايا متخصصة تعرف بأكياس الجراثيم السوطية zoosporangium ،

الجراثيم غير المتحركة يكون لها جدار مميز عن جدار الخلية الأم ، وقد يكون جدار الجرثومة سميك فتصبح الجرثومة في هذه الحالة ساكنة الهينوسبور hypnosporos وعندما تأخذ نفس شكل الخلية الام تعرف ب الجرثومة الذاتية وعددها ٢ او المضاعفات كما في *Chlorella* (autospores) *scendesmus* (autocolony)

. وقد تتحول بعض الخلايا الخضرية إلى أطوار مشابهة للجراثيم ، فتسمك جدرها ، ويزداد محتواها الغذائي وتعرف بالاكينيتات . akinetes وتعتبر الاكينيتات جراثيم ساكنة تتحمل الظروف البيئية غير الملائمة . قد تنبت الاكينيتات أنباتا مباشرا فتعطى طحالب جديدة وقد ينقسم بروتوبلاستها معطيا جراثيما متحركة. فى مرحلة السكون تنكمش هذه الجراثيم وتفقد اسواطها وتفزر جدار وتصبح خلية خضرية تنمو وتعطى طحلب مشابهة للأصل.

٣- التكاثر الجنسي

يحدث التكاثر الجنسي في الأنواع البدائية بين جاميتات متحركة متشابهة لا تتميز إلى جاميت مذكر وآخر مؤنث ، ويسمى بالتزاوج المتمائل isogamy .

في الحالات الأرقى يحدث التزاوج بين جاميتات متحركة مختلفة حجما ، تعتبر الجاميطة الصغرى جاميطة مذكرة وتعتبر الجاميطة الكبرى جاميطة مؤنثة ويسمى

التزاوج في هذه الحالة بالتزاوج غير المتماثل anisogamy . وقد يحدث التزاوج بين جاميطة مذكرة صغيرة متحركة وجاميطة كبيرة غير متحركة تسمى بالبيضة ovum ويسمى هذا التزاوج بالتزاوج البيضي oogamy . وقد يتم التزاوج بين جاميطات تنتج من طحلب واحد ويعرف هذا النوع من الطحالب بأنه متماثل الثالوس homothallic وقد لا يحدث التزاوج إلا بين جاميتين ناتجتين من طحلبين مختلفين ويعرف هذا النوع من الطحالب بأنه متباين الثالوس heterothallic . ويرجع تباين الثالوس إلى عدم التوافق الوراثي بين جاميطات نفس الطحلب . ويتم الإخصاب باندماج الأنوية الناتجة من كل من الجاميتين المتحدتين في أزواج . الزيوجوت الناتج عن جاميتين متحركتين يكون متحركا لفترة ما ثم يفقد أسواطه ويفرز جدار . أما في التزاوج البيضي حيث الجاميط المؤنث غير متحرك فإن الزيوجوت الناتج لا يتحرك مطلقا . الزيوجوت قد يكون رقيق الجدار فينبت بعد فترة قصيرة من الإخصاب ، وقد يكون سميك الجدار فيسكن لفترة قبل الإنبات . يقوم الزيوجوت الناضج بعملية التمثيل الضوئي ، فيسبب تجميع كثير من الغذاء الذي يخزن به . ويكون الغذاء المخزن في صورة نشا في الزيوجوت الصغير السن ، ثم يتحول الغذاء المخزن إلى زيت ، وعادة يكون نضج الزيوجوت مصحوبا بتكوين صبغات كاروتينية بكميات كافية تجعل لون البروتوبلاست أحمر أو برتقالي محمر . ويسبق إنبات الزيوجوت حدوث انقسام اختزالي .

Al alternation of Generations ظاهرة تعاقب الأجيال في الطحالب الخضراء

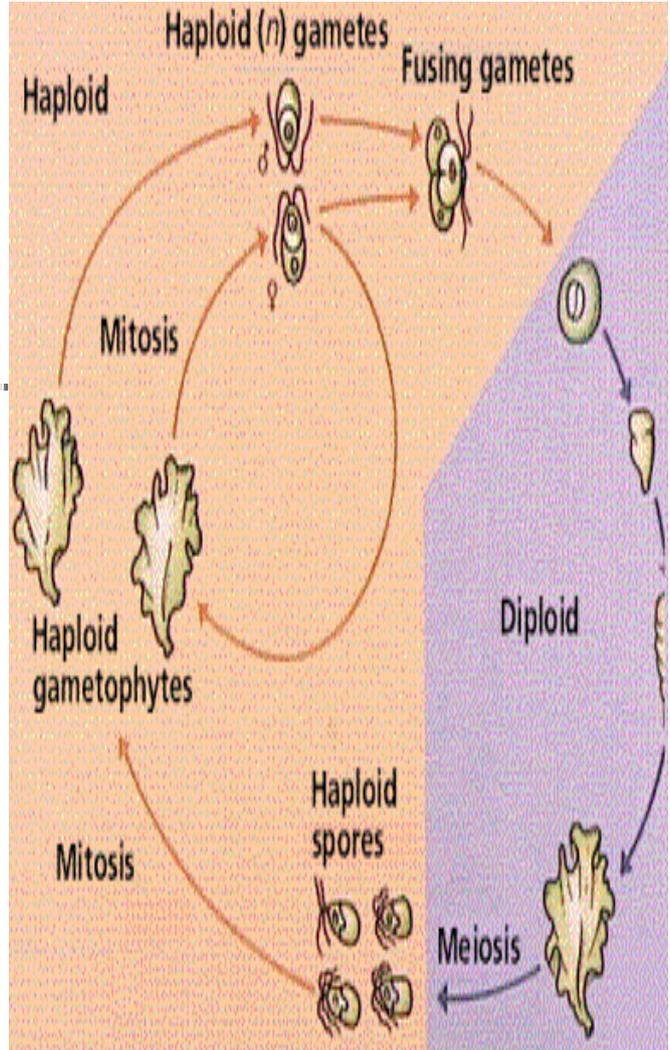
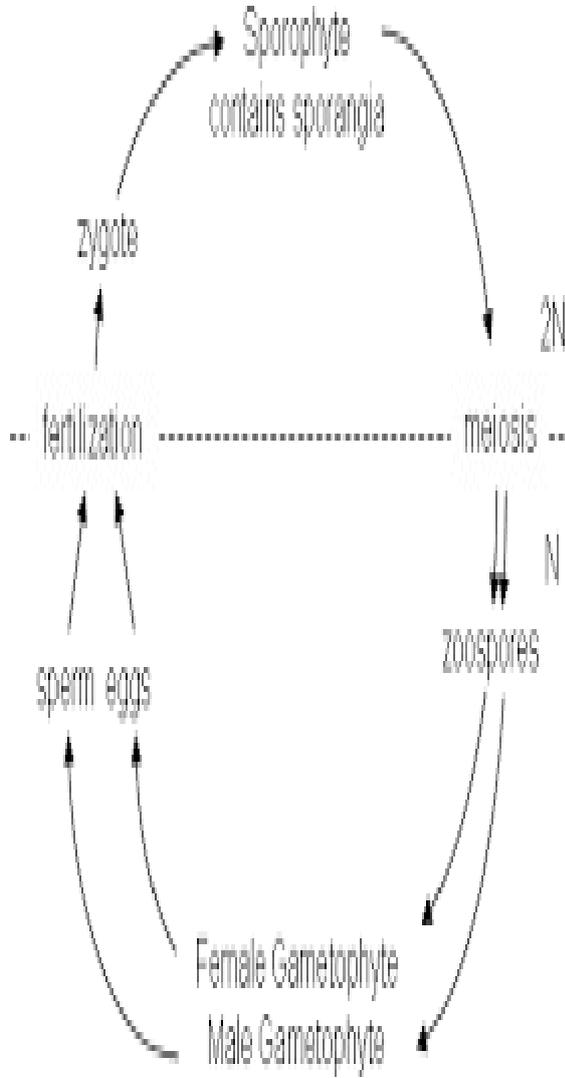
تظهر الكثير من الطحالب في دورة حياتها نمطا يسمى تعاقب الأجيال وتمثل هذه الظاهرة دورة حياة الطحالب التي تحتاج إلى جيلين أحدهما يتكاثر جنسيا والآخر لا جنسيا لإتمام دورة الحياة وتتعاقد الطحالب بين الأشكال الثنائية العدد الكروموسومي، (2n) وبين الأحادية العدد الكروموسومي (1n) ويمثل كل منهما جيلا.

الأجيال الأحادية والثنائية العدد الكروموسومي Haploid and Diploid

Generations:

الطور المشيجي الذي ينتج الأمشاج هو الطور الأحادي العدد الكروموسومي ويتحد

مشيجان مختلفان ليكونا اللاقحة الثنائية العدد الكروموسومي وتنمو اللاقحة إلى طور جرثومي ينقسم انقساماً منصفاً لينتج جراثيم أحادية العدد الكروموسومي وهذه الجراثيم هي خلايا التكاثر التي تنمو إلى طور مشيجي ثانية .



تقسيم الطحالب الخضراء

Phylum: Chlorophyceae أولاً: طائفة الطحالب الخضراء

وتضم تسعة رتب :

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| Order : <u>Volvocales</u> | رتبة الفولفوكالات |
| Order : <u>Chlorococcales</u> | رتبة الكلوروكوكالات |
| Order : <u>Oedogoniales</u> | رتبة اليودوجونيه |
| Order : <u>Ulothrichales</u> | رتبة اليولوثريكالات |
| Order: <u>Chaetophorales</u> | رتبة الكيتوفورالات |
| Order : <u>Cladophorales</u> | رتبة الكلادوفورات |
| Order : <u>Conjugales</u> | رتبة المتزاوجات |
| Order : <u>Ulvales</u> | رتبة الألفالات |
| Order : <u>Siphonales</u> | رتبة السيفونالات |

Order : Volvocales رتبة الفولفوكالات أولاً:

تعيش افراد هذه الرتبة في المياه العذبة وتضم افراد وحيدة الخلية او مستعمرات وغالباً افرادها متحركة ويتم التكاثر لاجنسياً وجنسياً وتضم هذه الرتبة عائلتين هما:

1- Family: Chlamydomonaceae فصيلة الكلاميدومونيه

وتضم الطحالب وحيدة الخلية

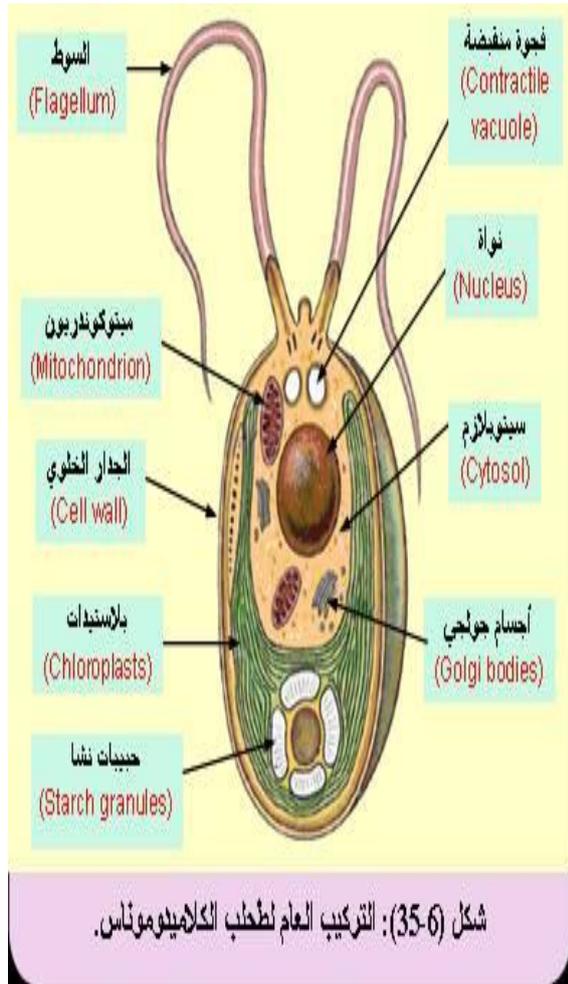
2-Family: Volvocaceae

- فصيلة الفولفوكالية

وتضم المستعمرات الخلوية المتحركة

Family: Chlamydomonaceae فصيلة الكلاميدومونيه

طحلب *Chlamydomonas*



يتكون الطحلب من خلية واحدة كروية إلى بيضاوية إلى كمتيرية الشكل ، جدارها غير سليلوزي يتكون من وحدات من الجليكوبروتين glycoprotein . تحتوي كثير من أنواعها على بلاستيدة كأسية الشكل ، وفي بعض الأنواع تكون البلاستيدة نجمية الشكل . وقد يوجد عادة بيرينويد واحد منغمس في البلاستيدة ، وقد يوجد أكثر من بيرينويد واحد منغمس في البلاستيدة ، وقد يوجد عادة بالسيتوبلازم فراغان منقبضان عند قاعدتي كل سوط . وتوجد بقعة عينية في موضع ثابت يتوقف على النوع . وتتركب البقعة العينية من عدسة شفافة محدبة الوجهين ، ويوجد بأحد وجهيها صفيحة مقعرة ملونة . وتوجد بكل خلية نواة واحدة ، تشاهد في تجويف البلاستيدة في حالة الأنواع ذات البلاستيدة الكأسية الشكل

التكاثر

- خضري بالانقسام الثنائي السيط

التكاثر اللاجنسي Asexual reproduction : عن طريق تكوين جراثيم سابحة Zoospores

يبدأ التكاثر اللاجنسي بضعف حركة الطحلب ثم فقدانه لاهدابه ، ثم ينقسم البروتوبلاست إلى قسمين فأربعة ، وقد يستمر الإنقسام معطيا ثمانيا أو ستة عشرة وحدة ، يتكون لكل منها جدار خاص وأسواط وجهاز حركي ، وتصبح جراثيما

سوطية تتحرك بكسر أو ذوبان جدران الخلية الأم . تشبه الجراثيم السوطية الطحلب الأصلي إلا أنها أصغر حجماً .

يحدث أحياناً في ظروف غير ملائمة لا تتكون أسواط للوحدات الناتجة عن الإنقسام وتتغلظ جدرها كما يتغلظ جدار الخلية الأم . ثم ينقسم بروتوبلاست كل وحدة على حدة عدة مرات ، ويعرف هذا الطور من الإنقسام بالطور البالميللي Palmella stage . . وعند تحسن الظروف تتكون أسواط للوحدات الصغيرة متحولة إلى جراثيم سوطية تنطلق وتنمو مكونة طحالب جديدة .

الطور البالميللي Palmella stage :

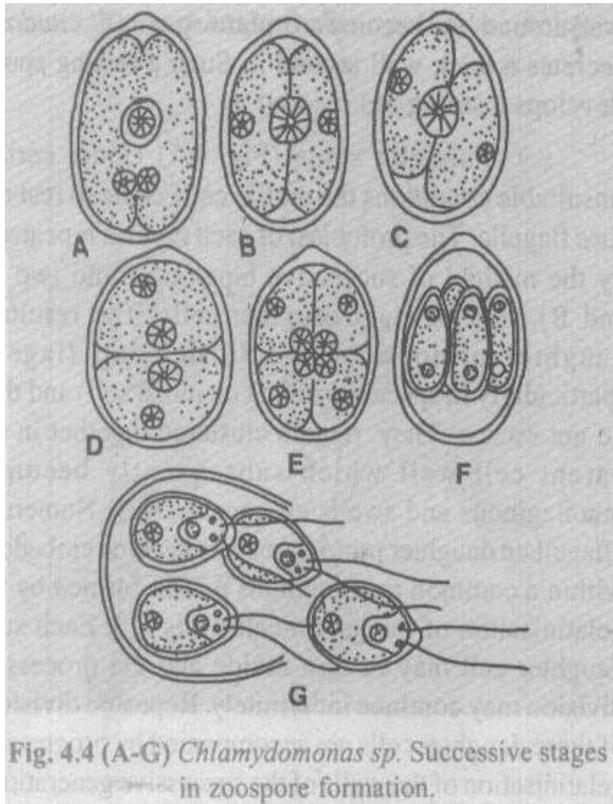
▶ طور ساكن يساعد الطحلب أن يتحمل ظروف الجفاف الجزئي التي يتعرض لها .
▶ تبدأ خطوات هذا الطور مثل التكاثر اللاجنسي غير أنه لا تتكون أسواطاً للجراثيم الناتجة وهي داخل الخلية الأصلية كما تأخذ جدر هذه الخلايا في التغلظ تغلظاً مخاطياً وتحيط نفسها بغلاف هلامي ثم تنقسم كل وحدة داخلياً إلى ٢-٤-٨ وحدات غير متحركة وإذا ما تحسنت الظروف تكونت للجراثيم أسواط من جديد وتحررت من الغلاف الهلامي لتنمو كل واحدة وتكون طحلب جديد .

التكاثر الجنسي

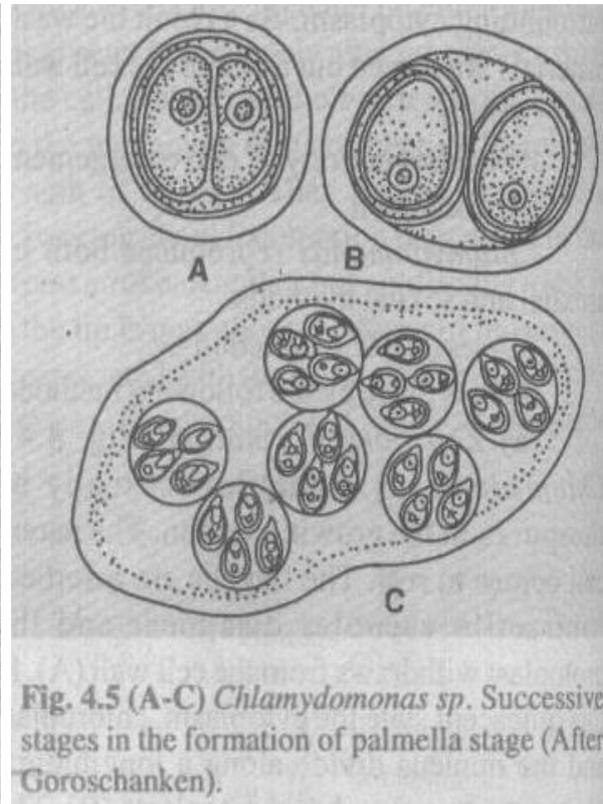
يحدث هذا النوع من التكاثر في الظروف الغير ملائمة عند نقص في كمية النتروجين وعند وجود تركيزات عالية من CO₂.

التكاثر الجنسي يحدث باندماج مشيجين: - إما يكونان متساويين في الحجم Isogametes - أو مختلفين في الحجم Anisogametes. وقد يحدث الاندماج بين أمشاج ناتجة من نفس الخلية الأصلية ويعرف الطحلب في هذه الحالة بأنه أحادي المسكن monoecious أو يحدث الاندماج بين مشيجين أبوين مختلفين جنسياً أو فسيولوجياً ويعرف الطحلب في هذه الحالة بأنه ثنائي المسكن Dioecious. من الممكن لأي خلية خضرية أن تقوم بوظيفة الجاميطة عند توفر الظروف البيئية الملائمة . تتلاصق الجاميطتان المتزاوجتان من طرفيهما الأماميين . ويتكون الزيجوت ذو الأربعة أسواط . في حالة التزاوج غير المتمثل ينقسم بروتوبلاست

الخلية المكونة للجاميطات المذكرة مكونة ٨ - ١٦ جاميطة ذكورية ، وينقسم بروتوبلاست الخلية المكونة للجاميطات المؤنثة مكونة ٢ - ٤ جاميطات مؤنثة. يفقد الزيغوت أهدابه وتندمج النواتان ، ويستدير الزيغوت ويحيط نفسه بجدار سميك متحولاً إلى جرثومة ساكنة . بعد فترة سكون ، تنشط الجرثومة وتنقسم نواتها انقساماً اختزالياً ، يلي ذلك انقسام أو أكثر غير مباشر معطياً ٤ - ٣٢ بروتوبلاست متحولاً إلى جراثيم سباحة غنية بالغذاء المخزن ثم تكبر وتتحوّل إلى الخلايا الخضرية العادية .



Zoospore Formation



Palmella stage.

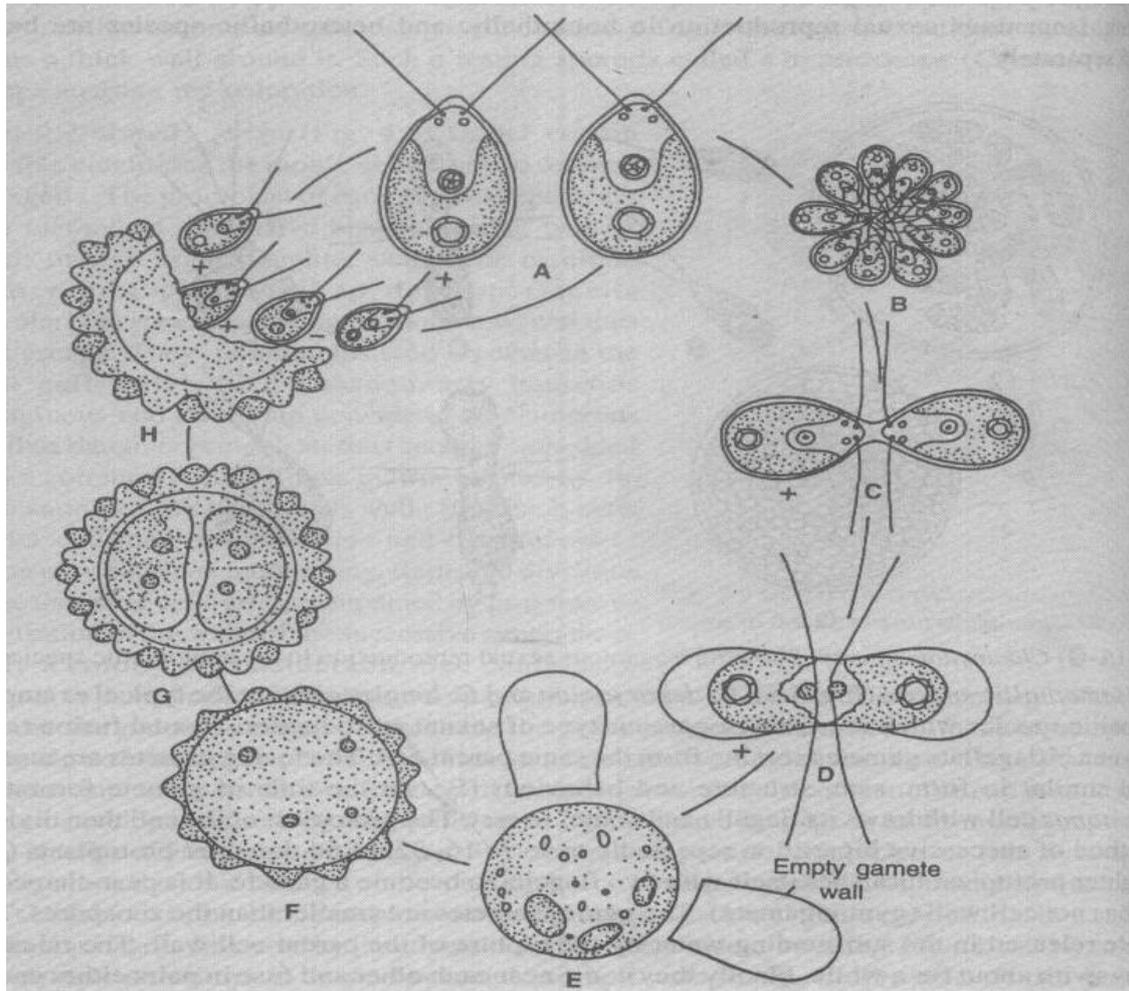
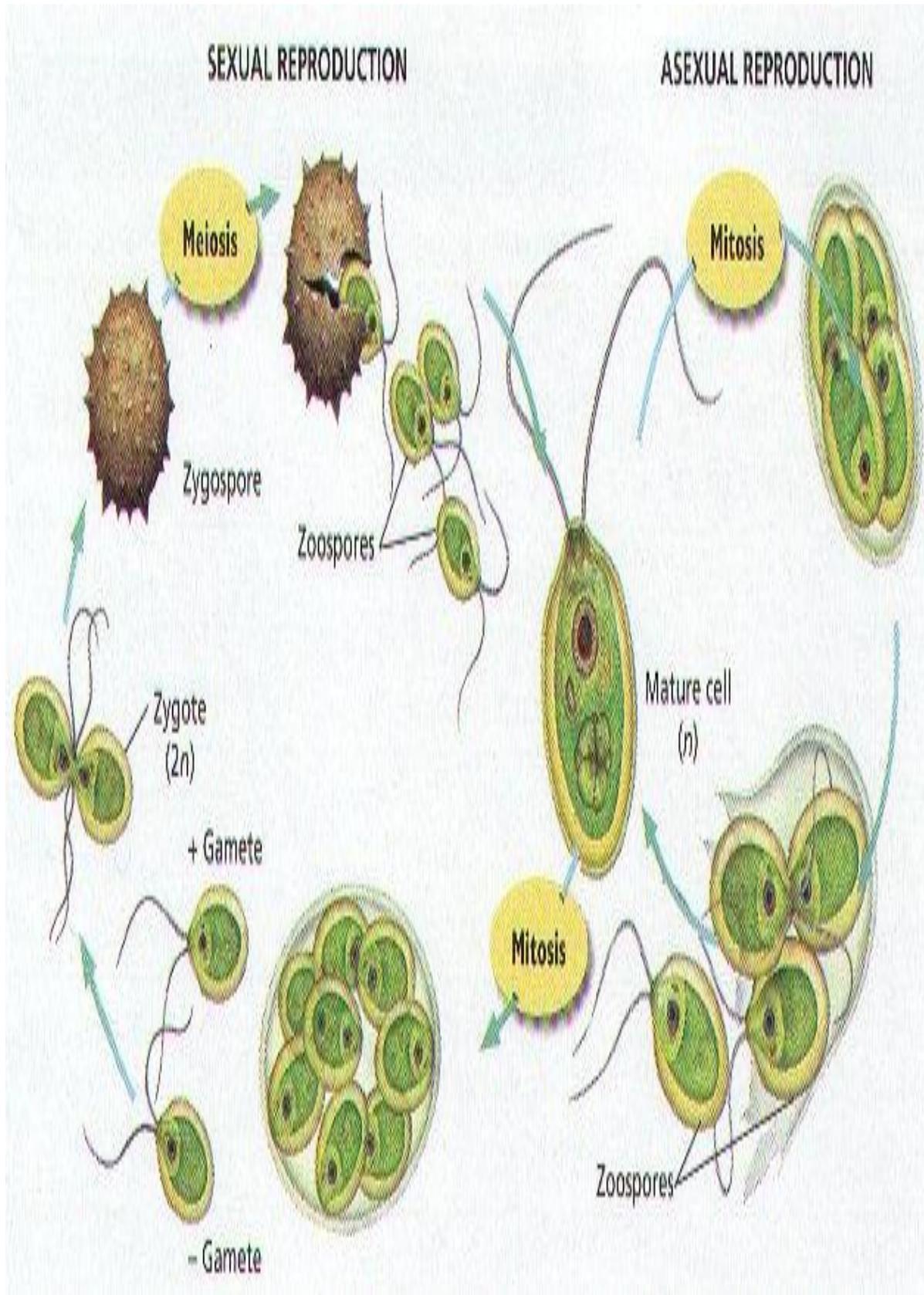


Fig. 4.7 *Chlamydomonas* sp. Showing isogamous sexual reproduction in the heterothallic species

Sexual Reproduction: (a) Isogamy



دورة حياة طحلب كلاميدوموناس

2-Family: Volvocaceae فصيلة الفولفوكالية

وتضم المستعمرات ذات الشكل الثابت والعدد الثابت.

ومن امثلتها :

Pandorina طحلب ياندورينا

مستعمرة بدائية متحركة بالأسواط . تعيش في المياه العذبة. خلاياها متجمعة في مستعمرة كروية كبيرة كل خلية تشبه في الشكل طحلب *Chlamydomonas*. تتكاثر معظم المستعمرات تحتوي على ١٦ خلية والخلايا فيها مضلعة الشكل . التكاثر فيها لاجنسياً عن طريق انقسام محتويات كل خلية وتكوين مستعمرات بنوية عن طريق انقسام محتويات كل خلية وتمزق المستعمرة الأم وجنسياً عن طريق متباين الامشاج .

Gonium طحلب جونيم

خلاياها متجمعة وقد تكون مسطحة او كروية الشكل وتحتوي على ١٦ خلية اربعة خلايا تتمركز في المنتصف و١٢ منها محيطية. تعيش في المياه العذبة. مستعمرات طحلبية متحركة بالأسواط تشبه طحلب *Chlamydomonas* . تتكاثر بالتكاثر الخضري بتكوين مستعمرات بنوية والتكاثر اللاجنسي والجنسي (متشابه الامشاج).

Eudorina طحلب ايدورينا

والخلايا تقع متباعدة بعضها عن بعض مستعمرات كروية او بيضة تشبه *Chlamydomonas* و تتباين الخلايا في اعدادها وتتماثل في احجامها. تترتب الخلايا في صفوف وترتبط مع بعضها بواسطة الروابط السيتوبلازمية. تتكاثر لاجنسياً بتكوين مستعمرات بنوية وجنسياً (تكاثر متباين الامشاج).

مستعمرة الفولفوكس (Volvox)

يعيش طحلب الفولفوكس في المياه العذبة ، ويكثر عادة في الربيع ويختفي في الصيف وبقية العام في صورة جراثيم بيضية. تُعد اكثر المستعمرات تقدماً في هذه الرتبة وهي اما كروية او بيضاوية الشكل. تتكون المستعمرة من عدد كبير من الخلايا تصل الى ٦٠٠٠٠ ستين الف خلية وتتصل ببعضها بواسطة الروابط

السيتوبلازمية. تعيش في المياه العذبة وتتحرك المستعمرة بواسطة الاسواط. تمتاز مستعمرة الفولفكس بوجود ظاهرة تقسيم العمل الوظيفي بين الخلايا المكونة لها وهي :

الخلايا الجسدية او الخضرية: وتشمل اغلبية الخلايا المكونة لجسم المستعمرة وتقوم بالوظائف الحيوية مثل الحركة والتغذية.

الخلايا الجونيدية : وهي خلايا قليلة العدد وتتميز بكبر حجمها وهي غنية بالسيتوبلازم ومتخصصه بعملية التكاثر اللاجنسي منتجه مستعمرات جديدة.

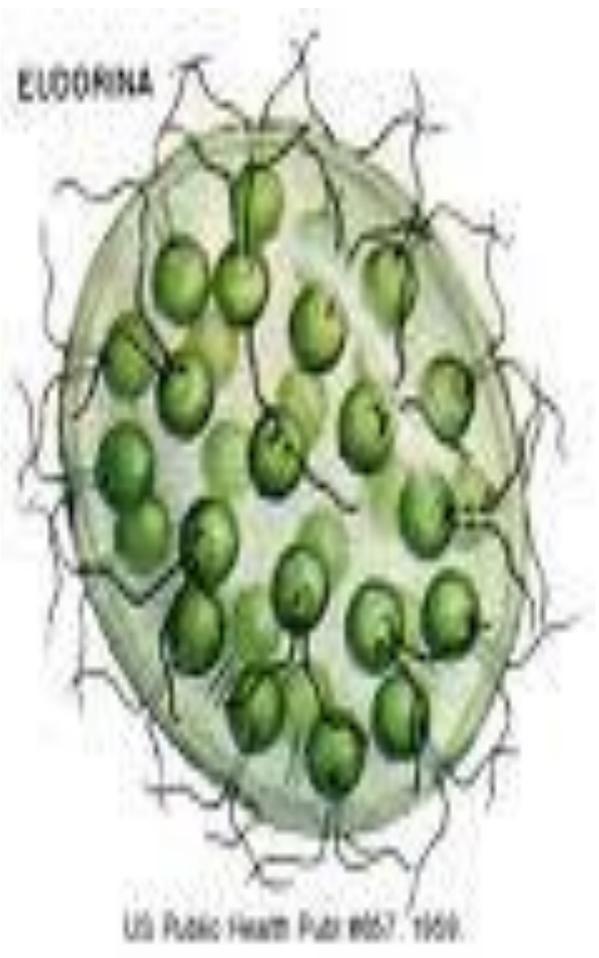
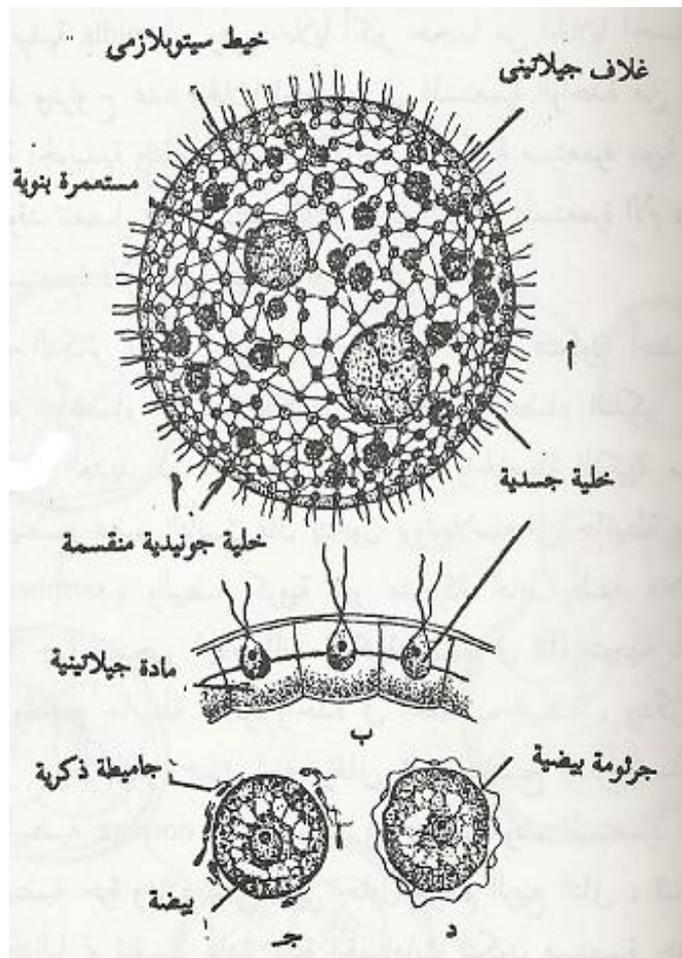
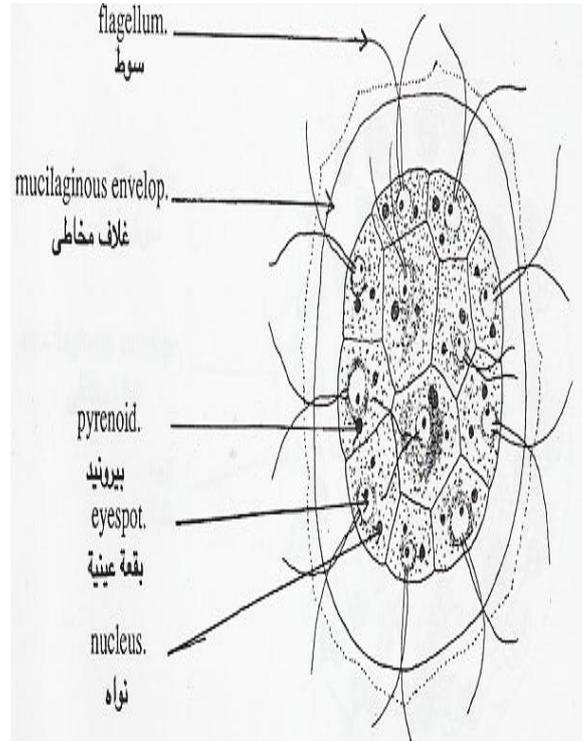
الخلايا النثريرية: وهي خلايا متخصصة لإنتاج الامشاج الذكرية الاوجونات: وهي خلايا متخصصة لاننتاج الامشاج الأنثوية وهي خالية من الأهداب وتعرف بالبيضات.

التكاثر

١- **التكاثر اللاجنسي**: يحدث عادة في الربيع أو في أول موسم النمو ، وينتج عن الخلايا الجونيدية gonidia ، وهي خلايا أكبر حجما من الخلايا الجسدية وخالية من الأسواط ويتراوح عدد الخلايا الجونيدية في المستعمرة الواحدة من ٢ - ٥٠ . تكبر الخلية الجونيدية وتنقسم انقسامات عديدة مكونة مستعمرة بنوية daughter colony ، وقد تنفصل عن المستعمرة الأم داخل تجويف المستعمرة الأم ، وقد تبقى متصلة بالمستعمرة الأم حتى تتحلل أو تنفجر الأخيرة .

٢- **التكاثر الجنسي**: يحدث قرب نهاية موسم النمو ، فتتكون أعضاء التذكير antheridia وأعضاء التأنيث oogonia . تنقسم أعضاء التذكير انقسامات عديدة مكونة العديد من الجامينات الذكرية . والجاميتة الذكرية مغزلية ذات سوطان . ينضج عضو التأنيث بأن يتحول بروتوبلاسته جاميطة مؤنثة تعرف بالبيضة oosphere ، والبيضة كروية غير متحركة تحاط بطبقة هلامية كثيفة . تتحرر الجامينات الذكرية وتسبح في الماء متجهة ناحية عضو التأنيث ، وتنجح جاميتة مذكرة واحدة في إخصاب البيضة ، ويتكون الزيغوت الذي يفرز حوله جدار سميك لونه برتقالي محمر ويصبح جرثومة ساكنة تعرف بالجرثومة البيضية oospore . بعد موت المستعمرة الأم تصبح الجرثومة البيضية حرة وعادة تبقى حتى حلول موسم الربيع التالي ،

فتنقسم نواتها انقسامًا اختزاليا ثم تنقسم عادة عدة انقسامات لتكون مستعمرة جديدة.



التكاثر فى طحلب الفولفوكس

ثانياً: رتبة الكلوروكوكالات Order : Chlorococcales

معظم انواع هذه الرتبة تعيش في المياه العذبة وانواعها غير متحركة وبالتالي ليس للخلايا الخضرية بقعة عينية او اهداب او فجوات منقبضة والحركة موجوده فقط في الجراثيم السابحة والامشاج لبعض الانواع. التكاثر اللاجنسي يتم عن طريق الجراثيم الذاتية او الداخليه (اوتوسبور) والبعض بالجراثيم السابحة ولا يوجد تكاثر جنسي الا في انواع قليلة.

وتضم مجموعتين :

1 Suborder: Zoosporinae- تحت رتبة الزوسبورينات

وفيها يحدث التكاثر بالزوسبوريات المتحركة ويكون جنسي ولاجنسي.

2 Suborder: Autosporinae- تحت رتبة الاوتوسبوريات

يحدث فيها تكاثر لاجنسي فقط بواسطة اوتوسبوريات ابلانوسبوريات.

1 Suborder: Zoosporinae- تحت رتبة الزوسبورينات

وتضم ثلاثة فصائل وهي :

1-Family: Chlorococcaceae فصيلة الكروكوكايلات

2 -Family: Protosiphonaceae فصيلة البروتوسوفونيه

3 - Family: Hydrodictyacea فصيلة الهيدرودايكوتينييه

Family: Chlorococcaceae فصيلة الكروكوكايلات

Chlorococcum طحلب كلوروكوكوم

تتواجد طحالب هذا الجنس في الماء او التربة . الخلايا فيها مستديرة وصغيرة ووحيدة النواة وعند النضج تصبح عديدة الانوية. التكاثر فيها لاجنسي بواسطة تكوين الزوسبوريات وجنسي بتكوين لاقحات وذلك ان بعض الزوسبوريات تسلك مسلك الجاميتات حيث يندمج اثنتان منهما وبذلك تتكون اللاقحه وهذه الاخيرة بعد انقسامها الاختزالي ينتج عنها جراثيم تنبت لتكون خلايا طحلبيه جديده.

Family: Protosiphonaceae فصيلة البروتوسوفونيه

Protosiphon طحلب بروتوسيفون

هي عباره عن طحالب وحيدة الخلية وتكون مخروطية الشكل لها جزء سفلي عديم اللون وغير متفرع ويطلق عليها شبه جذر بينما تتميز النهاية العلوية بانها مستديرة خضراء اللون هوائية وبها انوية عديدة

التكاثر:

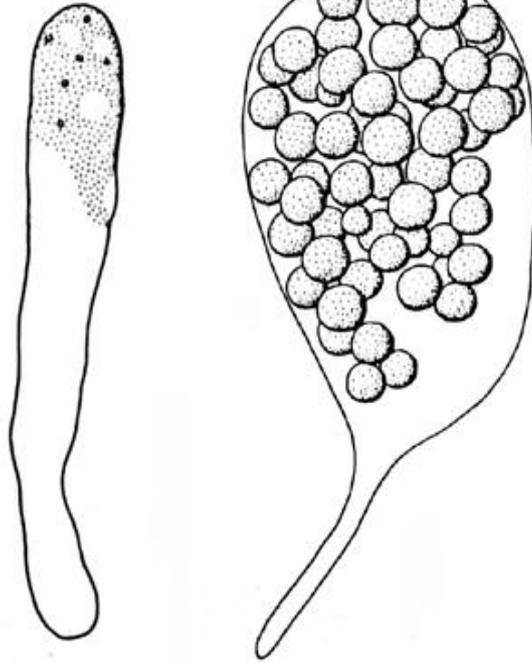
١- **خضرية:** عن طريق التبرعم

٢- **التكاثر اللاجنسى:** عن طريق تكوين الجراثيم المتحركة او الزوسبورات . يتميز هذا الطحلب بقدرته الفائقة على التكيف فى الوسط الذى يعيش فيه وله القدرة على إنتاج وحدات جرثومية عديدة تتلائم مع التغيرات البيئية . عند حدوث الجفاف تنقسم محتويات الطحلب الى عدد من الحويصلات مغلظة الجدر تستطيع مقاومة الظروف الجافة . عند التعريض الطحلب لعوامل الرطوبة والمياه تنقسم هذه الحويصلات سريعا الى نوعين من الجراثيم المتحركة هما : ١- جراثيم أسطوانيه أو مستطيلة ذات سوطين امامين

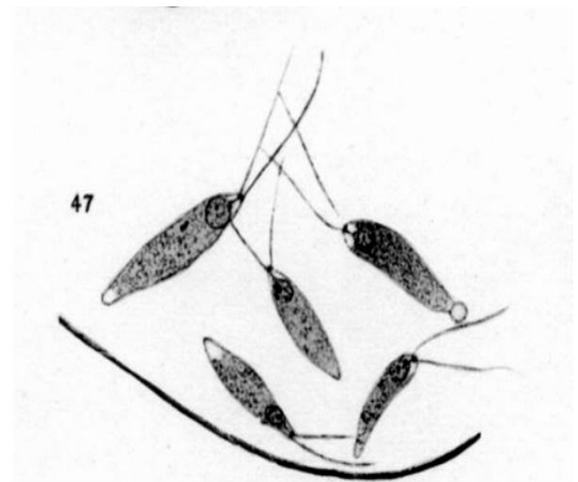
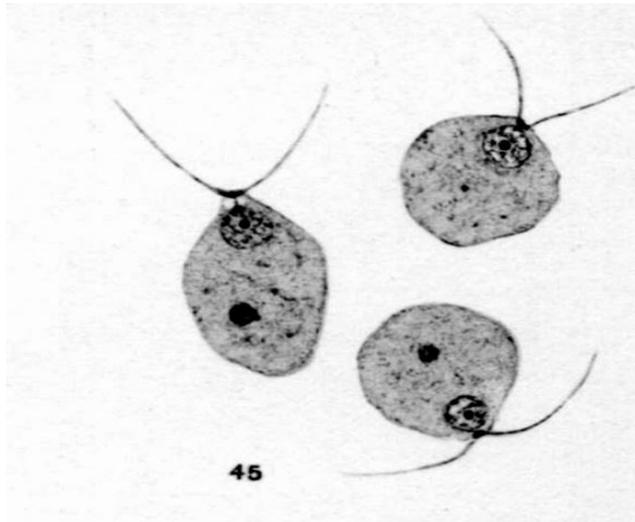
٢- جراثيم مستديرة ذات سوطين امامين عند القمة

٣- **التكاثر الجنسي:** وفيه تسلك الزوسبورات (ذات الشكل الاسطوانى) فى حالة الظروف الغير مناسبة للنمو مسلك الجامينات حيث تندمج في ازواج وينتج عن ذلك تكوين اللاقحة والتي بدورها تستقر وتفقد اسواطها وتحيط نفسها بغلاف سميك وعند الانبات تنقسم انقسام اختزالي لتعطي جراثيم لتنمو وتعطي افراد طحليبه جديده.

Protosiphon



After Cribb (1985b)



أنواع الجراثيم المتحركة (الزوسبورات) في طحلب بروتوسيفون

1-Hydrodicton sp

من طحالب المياه العذبة موجودة في كتل كبيرة في البحيرات والبرك ويرى بالعين المجردة ، والثالوس غير متحرك وتعتبر مستعمرة طافية وهي عبارة عن شبكة تحيط بفراغ داخلي ، والخلايا مغلقة خماسية أو سداسية لتكون شبكة والخلايا الفردية أسطوانية و أحياناً بيضية وتتصل كل خليتين بخليتين أخريين لتكون شبكة والخلايا وحيدة النواة في المركز ولها بلاستيدة جدارية حزامية أو شريطية وبها بيرونيده واحدة وبنمو الخلايا تصبح البلاستيده شبكية وتتكون أنوية عديدة (مدمج خلوي) ويتوسط الخلية فجوة عصارية والتكاثر اللاجنسي بالزوسبورات، والجنسي متشابه الامشاج.

التكاثر لاجنسي

عن طريق تكوين الزوسبورات ولا تتحرر هذه الجراثيم بل تسبح في الفضاء الداخلي للأمر بعد ذلك ترتب نفسها في مظهر شبكي وتكون جدار رقيق حولها وبذلك تكون شبكة طحلبية بعدها تستطيل خلاياها وتنطلق من الخلية الأمر بعد تحلله وبعدها تكبر المستعمرة الجديده بنمو مكوناتها واستطالة خلاياها.

التكاثر الجنسي:

عن طريق التكاثر متشابه الامشاج بعد تكوين اللاقحة يحدث الانقسام الاختزالي بتكوين اربع زوسبورات احادية المجموعة الصبغية تتلاشى ثلاثة منها وتبقى واحدة تكون شكل بروتوبلازمي سميك الجدار غير منتظم الشكل يمثل مرحلة السكون (مرحلة الصمود) في حياة الطحلب ضد كل الظروف القاسية ويسمى عديد الأضلاع واخيراً تنقسم محتويات هذا الشكل وتكون عدد من الزوسبورات تفقد أهدابها وتنمو وتتحول الى خلايا تنتظم مكونة مستعمرة جديدة ويعتبر الشكل البروتوبلازمي عديد الأضلاع من الصفات المميزة لهذه العائلة (طورالصمود).

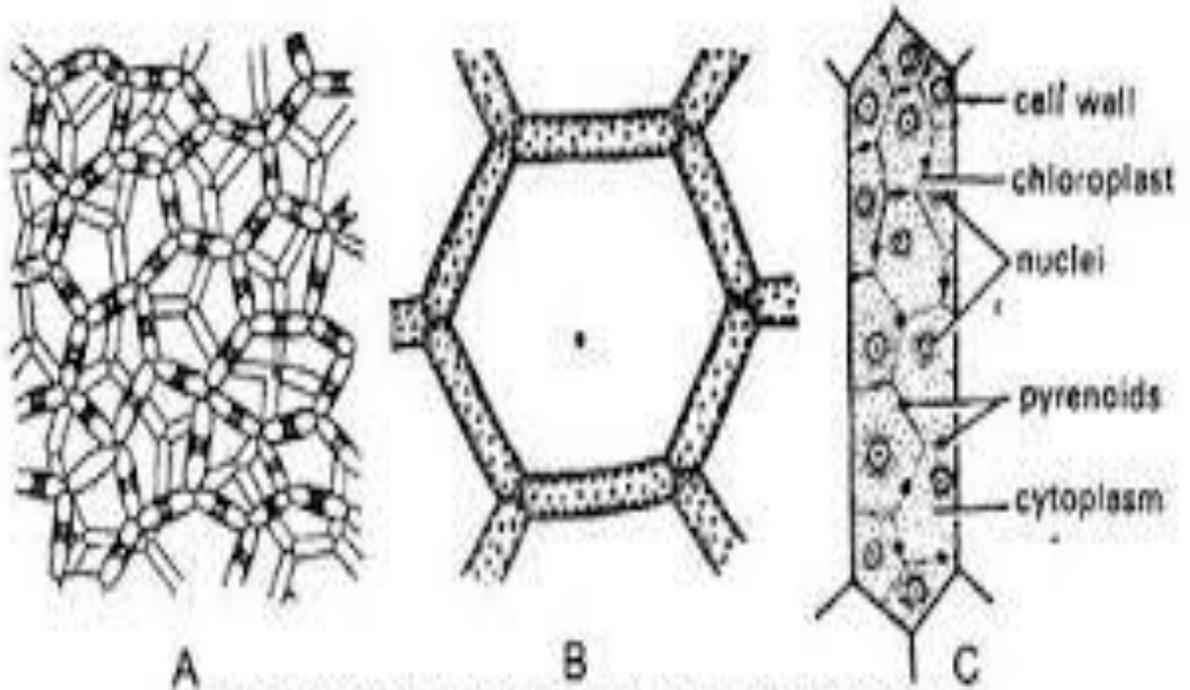
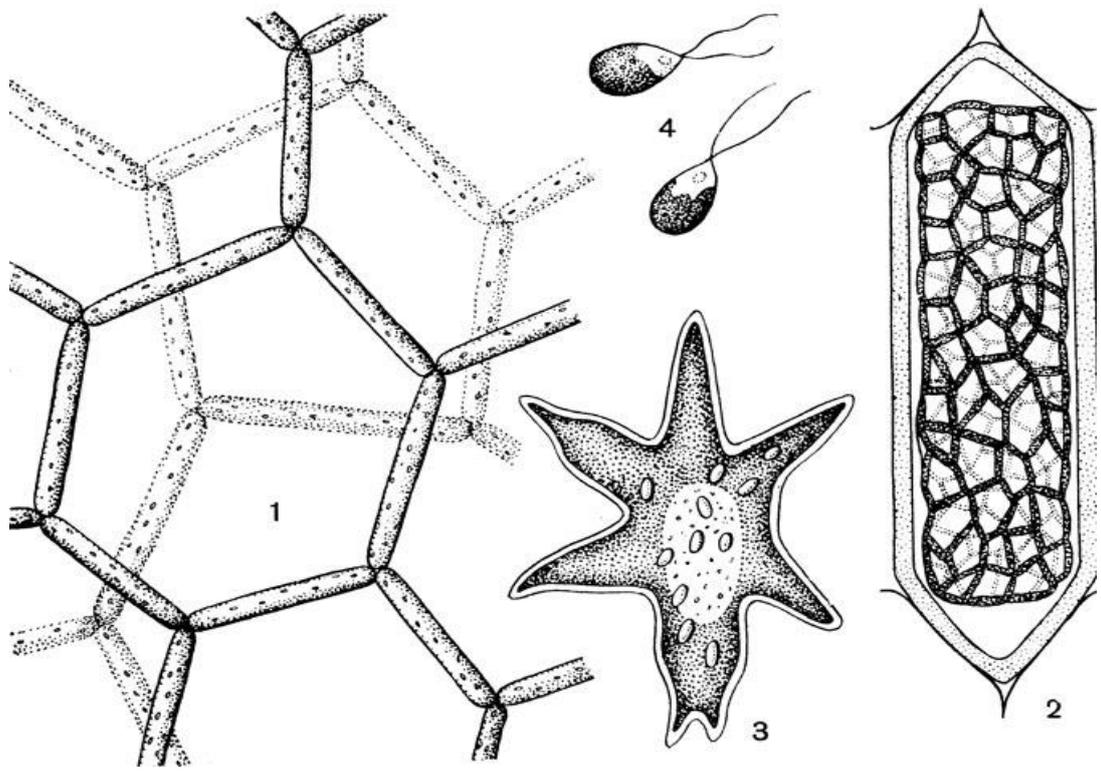
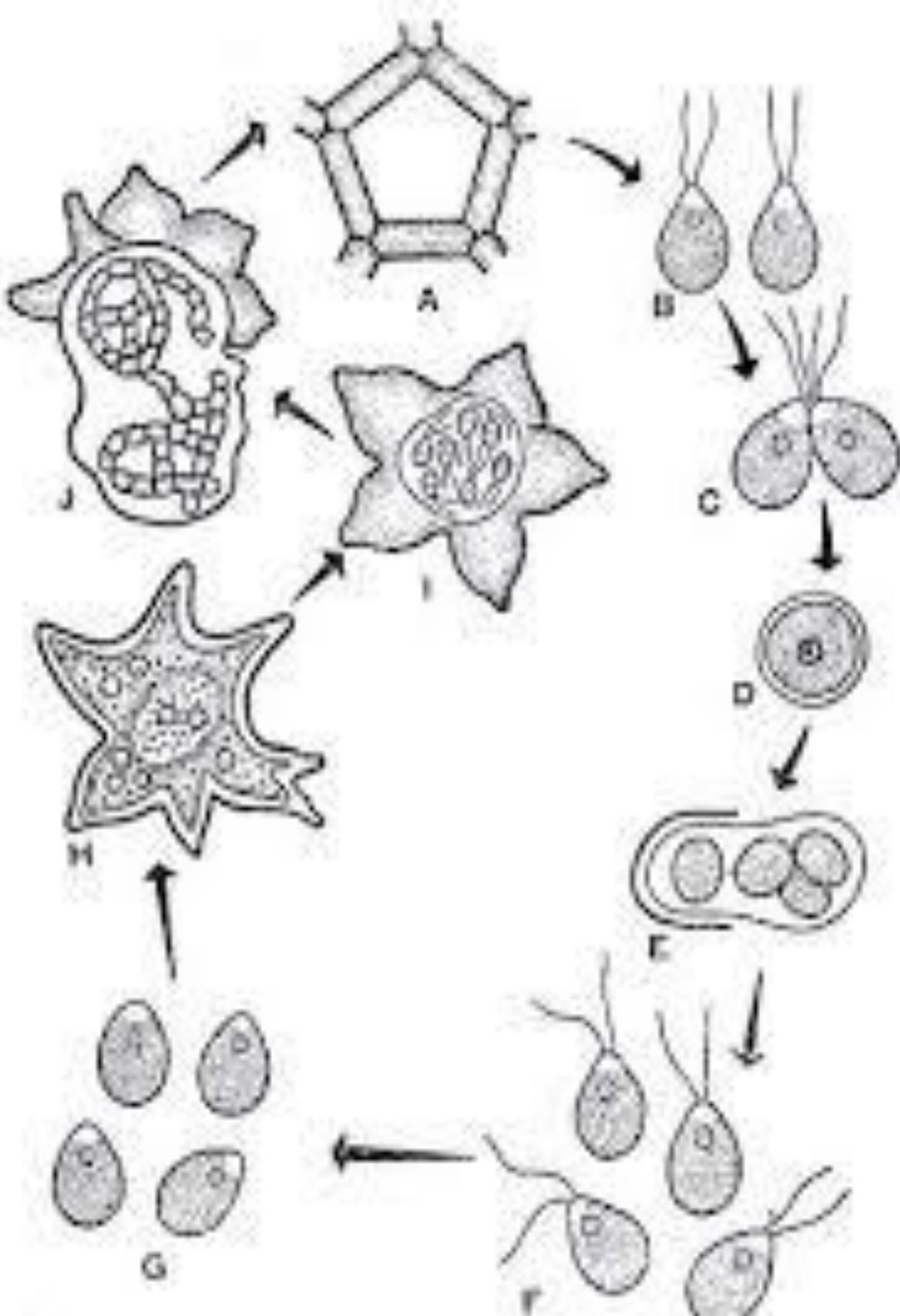
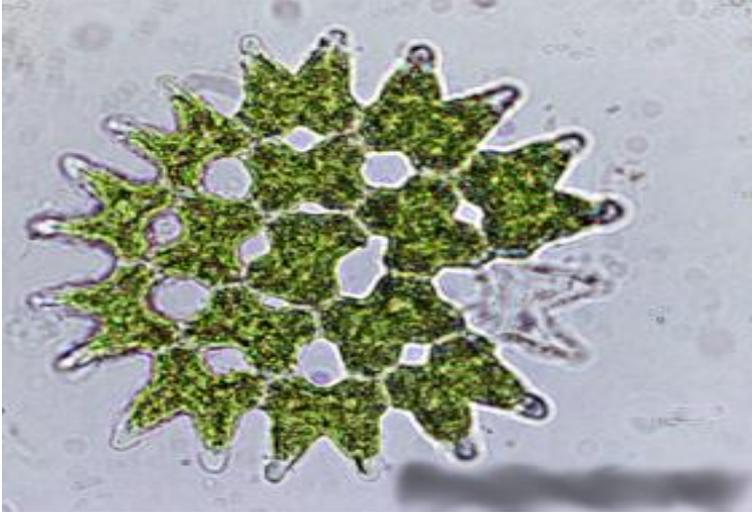


Fig. 2 (A—C). *Hydrodictyon*. Vegetative structure.
A. A part of the net; B. Hexagonal mesh; C. A cell.





التكاثر الجنسي لطحلب *Hydrodicton*

2- Pediastrum طحلب بدياسترم

تكون على هيئة مستعمرات قرصية الشكل تطفو فوق سطح الماء وعدد خلاياها يتراوح بين (٢-١٢٨) خلية مرتبة في طبقة واحدة ويوجد نوعان من الخلايا المحيطة لها زوائد او امتدادات بروتوبلازمية والداخلية مركزية. طرق التكاثر فيها تشبه ما يحدث في طحلب الهيدروديكتون ماعدا تحول الزيغوت مباشرة الى شكل عديد الأضلاع والذي تنقسم محتوياته بعد ذلك اختزالياً لتعطي زوسبوريات تنمو الى مستعمرات جديدة.

2- تحت رتبة الاوتوسبوريات Suborder: Autosporinae

وتتضمن خمسة فصائل وهي :

فصيلة الكلوريللات Family: Chlorellaceae

فصيلة سيليناسترات Family: Selenasraceae

فصيلة دكيتوسفرينات Family: Dictyospheriaceae

فصيلة سولاسترات Family: Coelastraceae

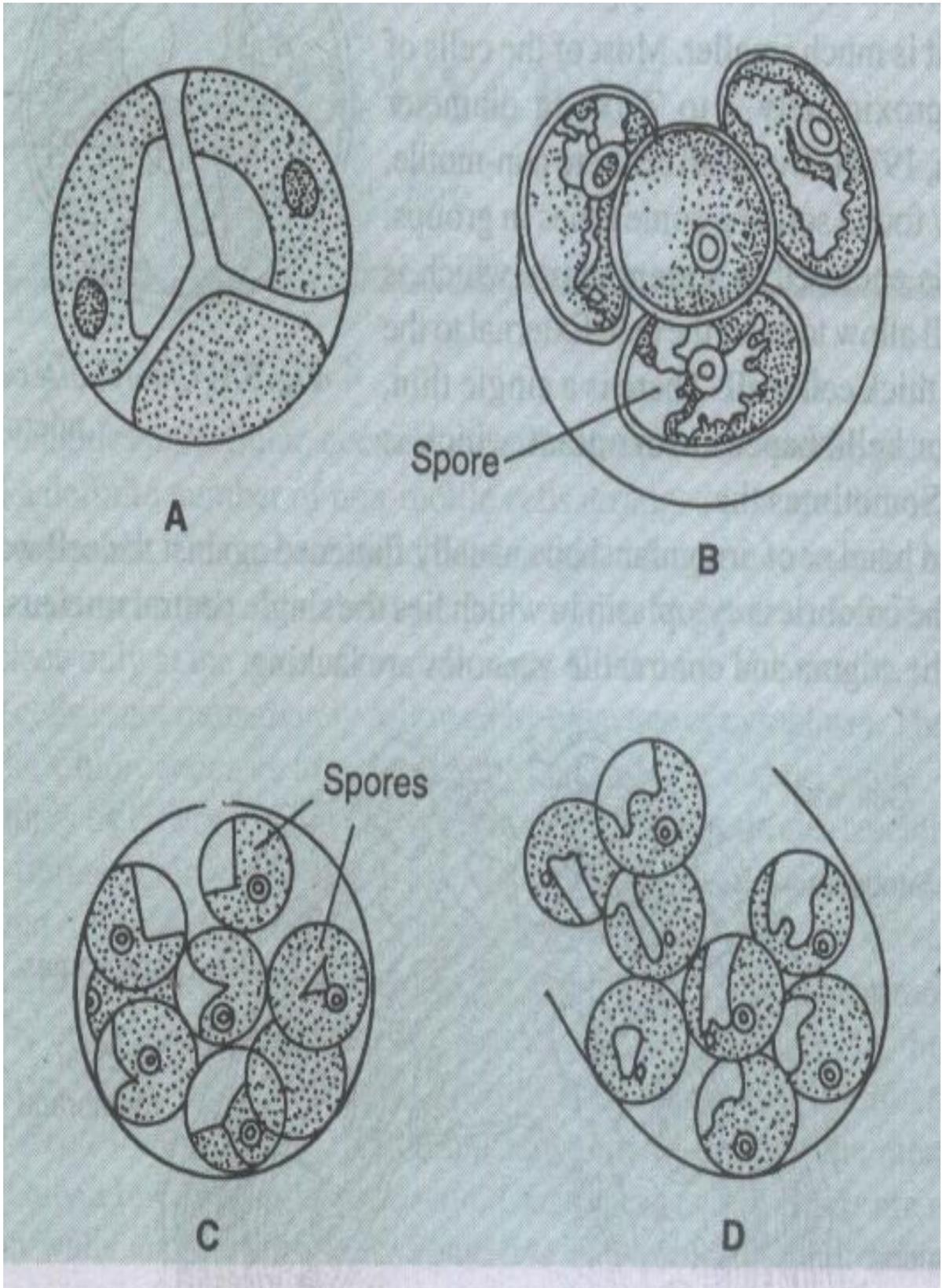
فصيلة سندزومات Family: Scenedesmaceae

فصيلة الكلوريللات Family: Chlorellaceae

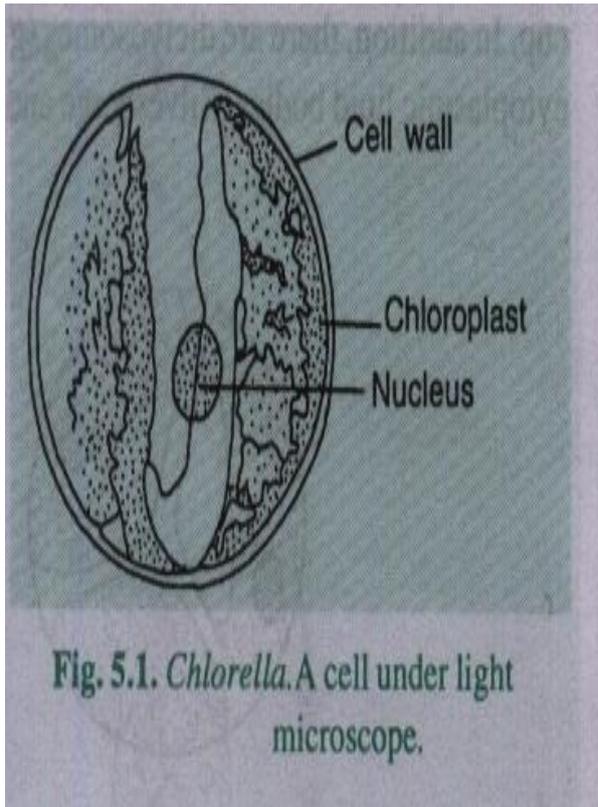
طحلب كلوريللا Chlorella

وحيد الخلية وغير متحرك كروي الشكل او بيضاوي يحتوي على بلاستيده فنجانية الشكل كبيرة الحجم.

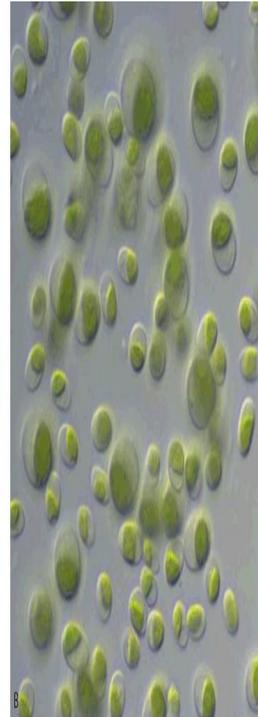
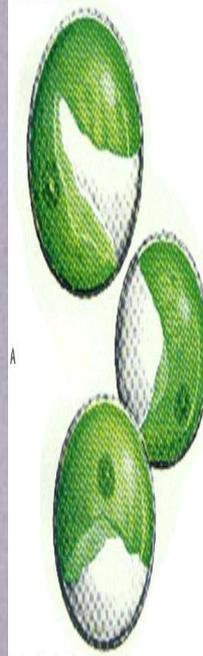
التكاثر يكون لاجنسيا فقط بالجراثيم الذاتية Autospores (٤-٨) . تتكون الجراثيم الذاتية من انقسام نواة الخلية إنقسامين متتاليين غير مباشرين وأحيانا يتبعهما إنقسام ثالث ، تحاط كل نواة عقب كل انقسام بجزء من السيتوبلازم ثم تحاط بجدار ، منتجة في النهاية أربعة أو ثمانية جراثيم غير متحركة aplanospores تشبه الخلية الام ولكنها اصغر حجماً. يتمزق جدار الخلية الأم وتتحرك الجراثيم التي تنمو بعد ذلك إلى أحجامها الأصلية لتكون افراد جديده . يعد هذا الطحلب مهما في الدراسات الوراثة لسهولة الحصول على الجيل الثاني ويستخدم من قبل رواد الفضاء وذلك لتزويدهم بالغذاء والاكسجين وذلك لاحتوائه على نسبة عالية من البروتين والأحماض الأمينية الأساسية للإنسان .



التكاثر اللاجنسي لطحلب الكلوريللا

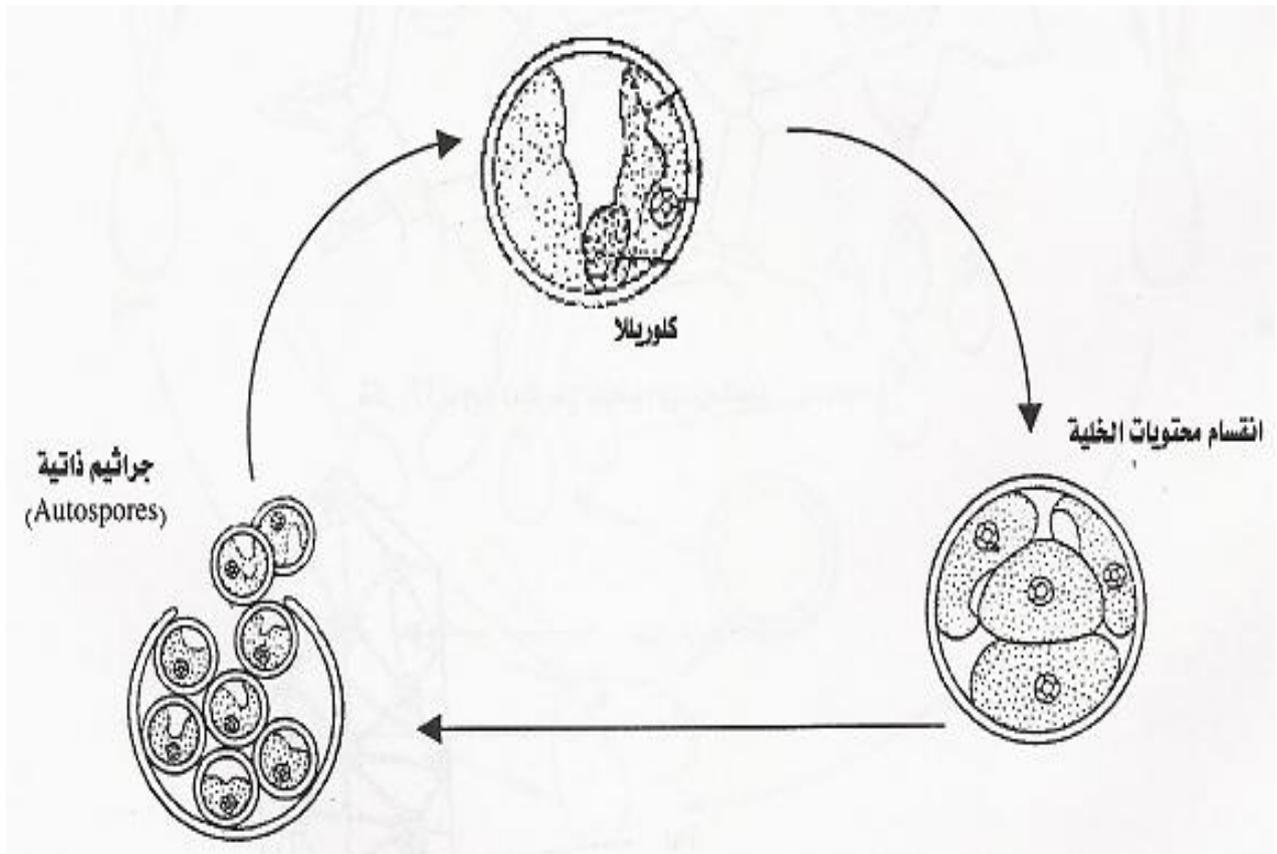


Chlorella



A after Mervin Palmer (1962)

B © National Institute for Environmental Studies, see <http://www.nies.go.jp/biology/mcc/home.htm>

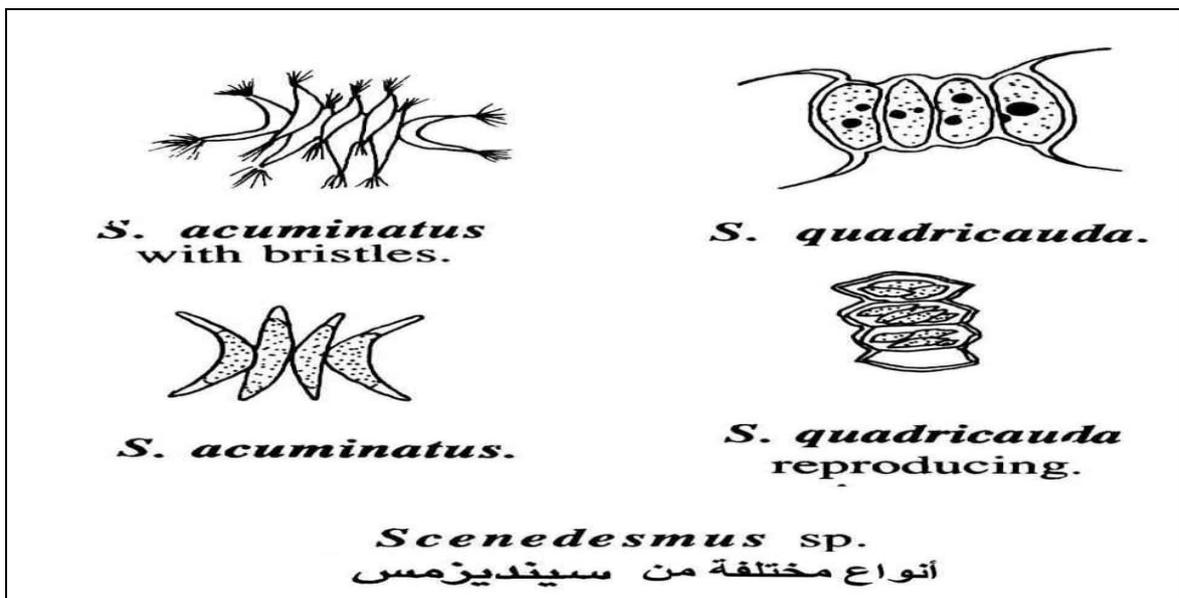
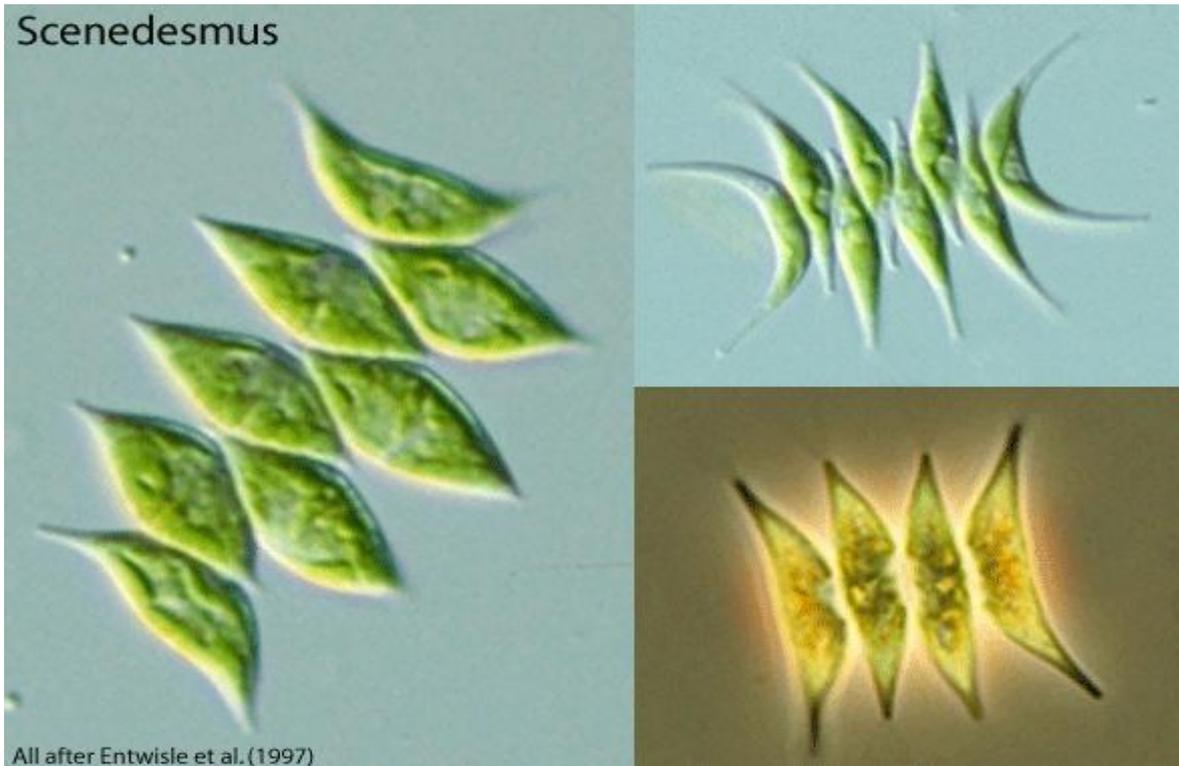


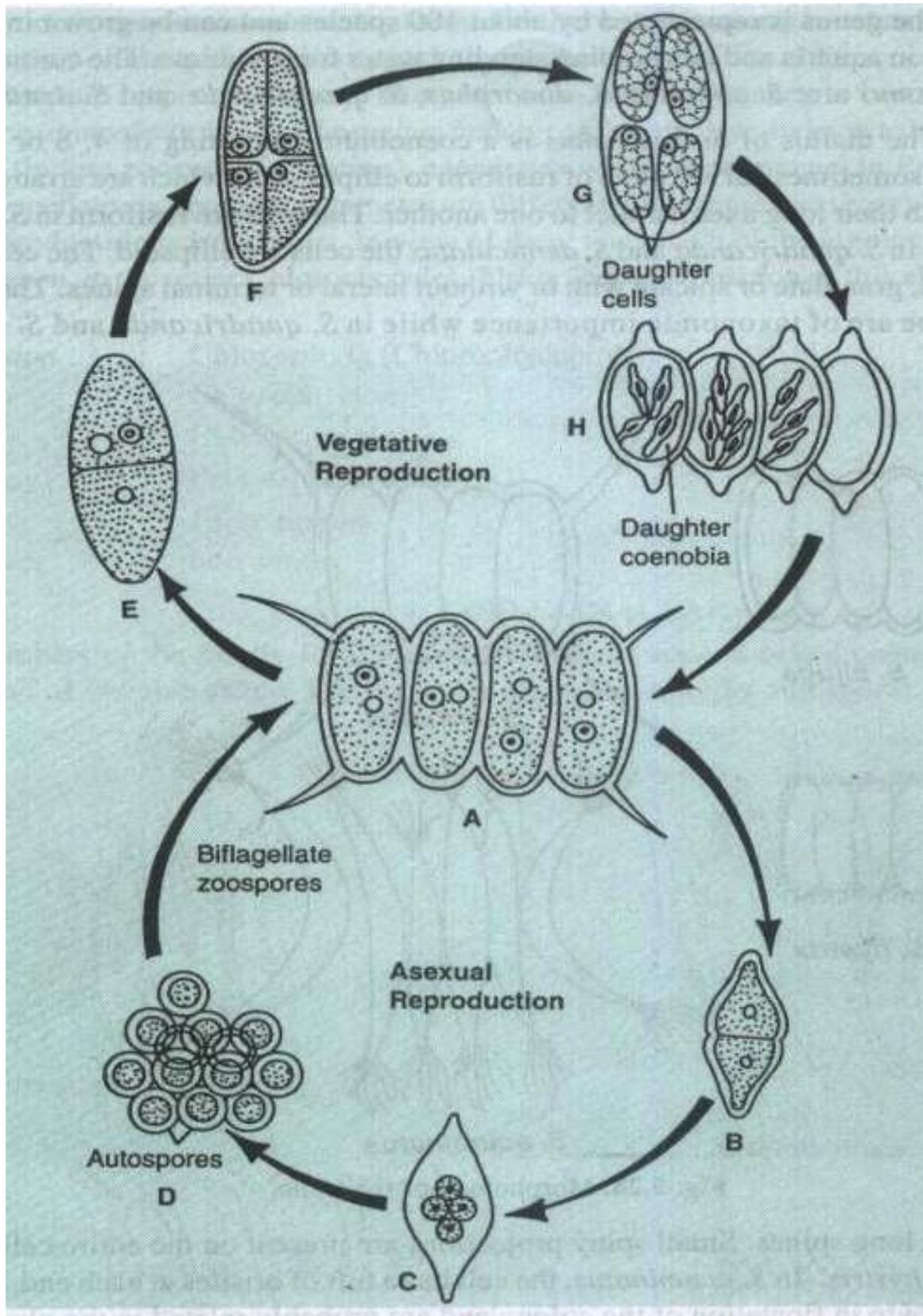
التكاثر اللاجنسي لطحلب الكلوريللا

Family: Scenedesmaceae فصيلة سندزومات**طحلب السنديزمس**

من طحالب المياه العذبة مستعمرة مكونة من ٢ او ٤ او ٨ ونادراً ما تزيد عن ذلك .
والخلايا طويلة ومتراسة جانبياً وكل خلية بها نواة واحدة وبلاستيدة جدارية . الخلايا
متواجدة في مستوى واحد وتوجد أربع زوائد هلامية بأطراف المستعمرة وأحياناً
تترتب الخلايا في مستويين في بعض الانواع .

التكاثر لاجنسي بواسطة الاوسبورات. ولا يوجد تكاثر جنسي





التكاثر في طحلب *Scenedesmus*

Order : Ulothrichales

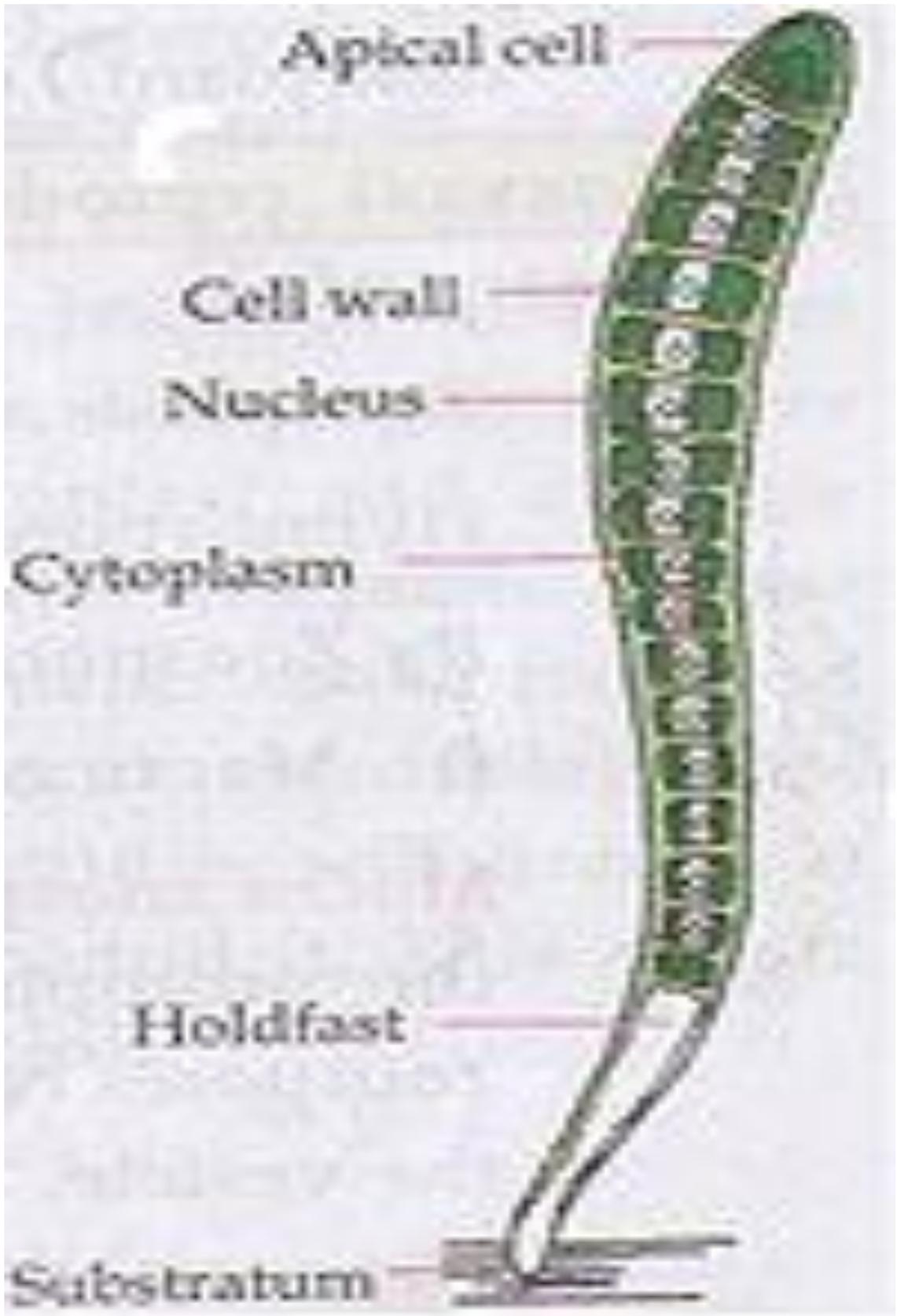
الصفات العامة :

- ١- تتواجد افرادها في المياه العذبة و القليل منها في المياه المالحة وعلى التربة الرطبة .
- ٢- تضم اجناس ذات اشكال خيطية بسيطة او برنكيميية .
- ٣- تنمو ملتصقة على الصخور بواسطة خلية قاعدية تسمى الخلية المثبتة hold fast cell وقد ينفصل ليصبح طافياً وتنمو بعض الاجناس الاخرى بصورة طافية .
- ٤- الخلايا احادية النواة والبلاستيدات جدارية او شريطية او حزامية .
- ٥- كل خلية من خلايا جسم الطحلب لها القابلية على الانقسام ماعدا الخلية القاعدية .
- ٦- التكاثر الخضري بواسطة التجزؤ واللاجنسي بواسطة الابواغ المتحركة zoospores او بتكوين الخلايا الساكنة Hypnospores، اما بالنسبة للتكاثر الجنسي فيكون من النوع Isogamous او Oogamous .

طحلب Ulothrix :

طحلب خيطي غير متفرع ينمو ملتصق على الصخور بواسطة الخلية القاعدية المثبتة hold fast cell وتحوي الخلايا على نواة مفردة وبلاستيدة جدارية حزامية Girdle وعليها مركز نشوي واحد او اكثر . يتكاثر هذا الطحلب خضرياً بواسطة التجزؤ اما **التكاثر اللاجنسي** فيحدث بواسطة الجراثيم المتحركة التي تحوي زوج او زوجين من الاسواط وتتكون داخل اي خلية خضرية عدا الخلية القاعدية . ثم تتحرر تلك الجراثيم عبر فتحة في جدار الخلية تسبح لفترة ثم تفقد الاسواط وتبدأ بتكوين طحلب جديد ،

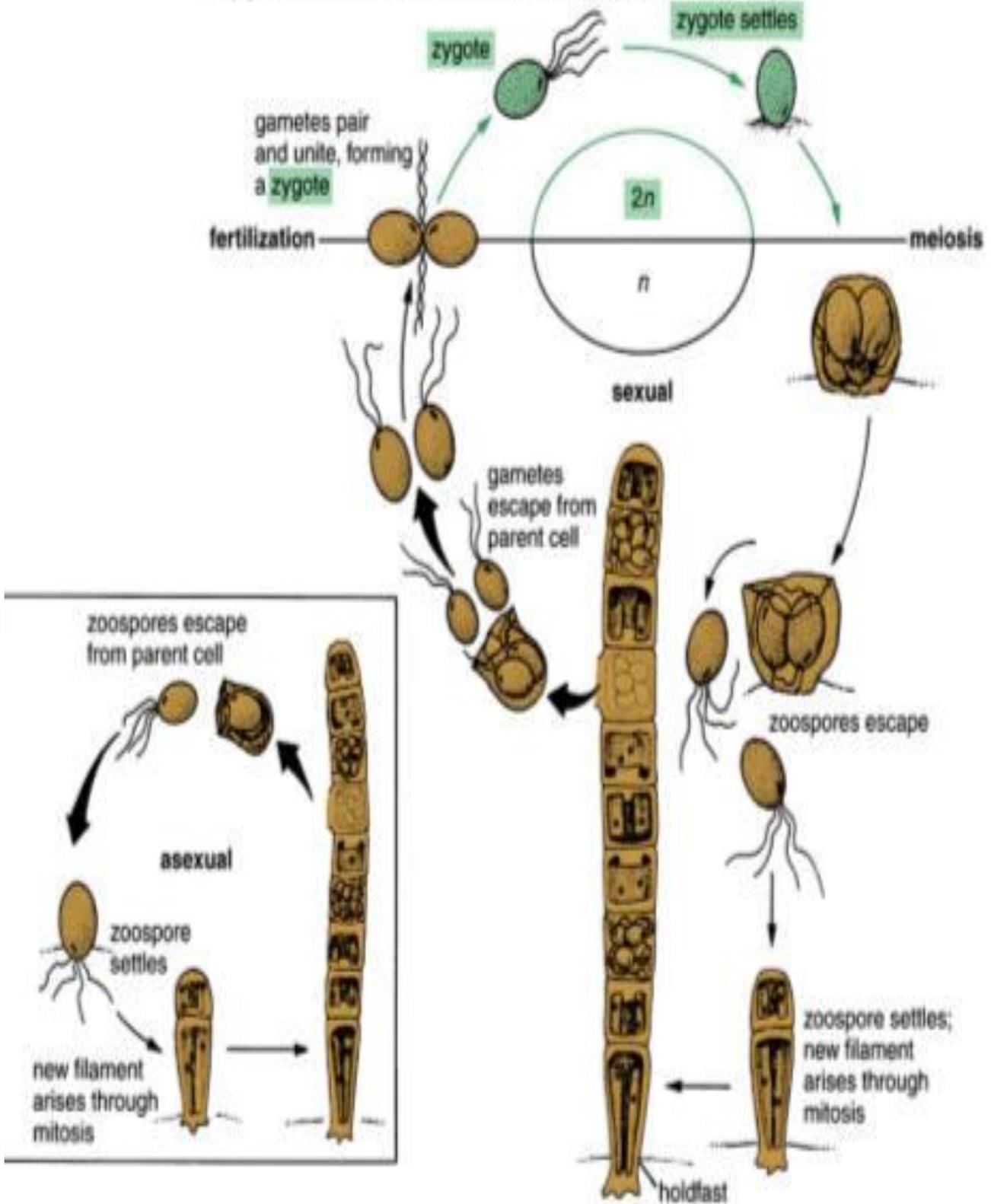
التكاثر الجنسي من نوع Isogamous.



طحلب اليلوثركس Ulothrix

Ulothrix Life Cycle

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



دورة حياة طحلب اليلوثركس *Ulothrix*

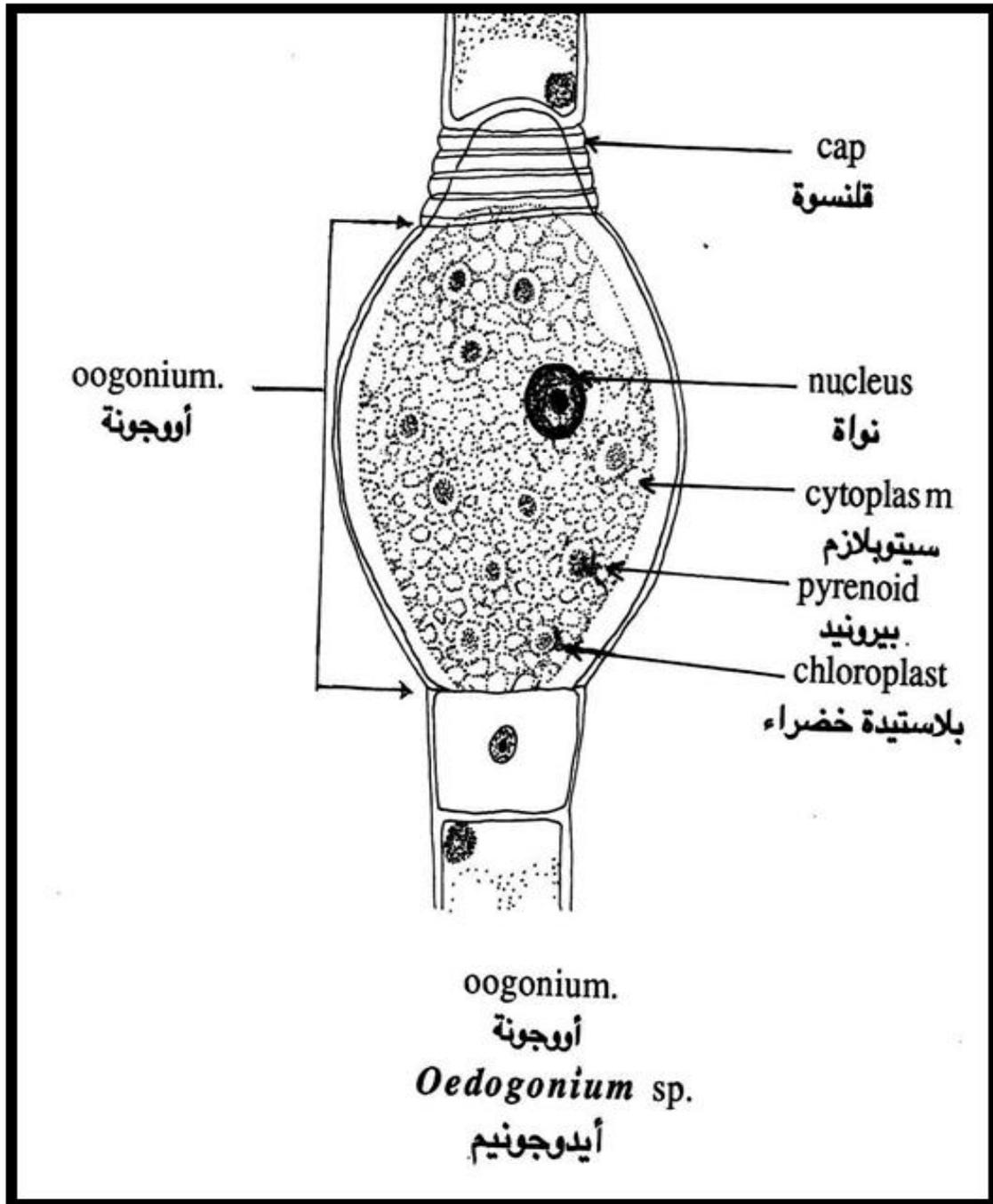
Order : Oedogoniales

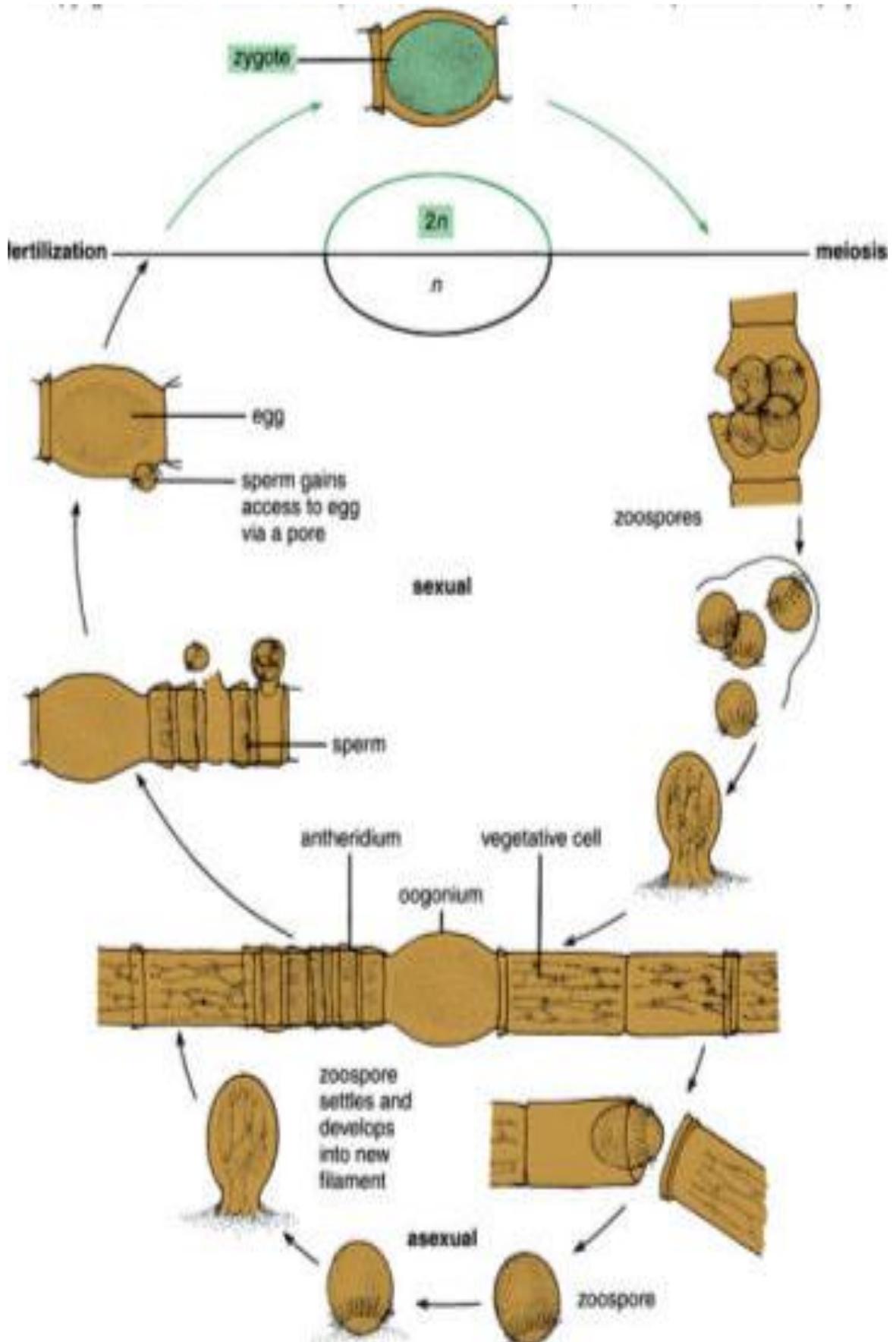
الصفات العامة :-

- ١- تتواجد في المياه العذبة وتنمو ملتصقة وقد تصبح الخيوط طافية بعد فترة من نموها .
- ٢- تضم اجناس خيطية بسيطة او متفرعة .
- ٣- خلاياها احادية النواة والبلاستيدة جدارية شبكية متعددة المراكز النشوية .
- ٤- النواة مفردة جانبية الموقع والنمو من النوع البيئي Intercalary growth .
- ٥- التكاثر الخضري بواسطة التجزؤ والتكاثر اللاجنسي بواسطة تكوين جراثيم متحركة تمتلك خصلة من الاسواط في مقدمتها . اوبتكوين جراثيم غير متحركة او خلايا ساكنة Akinete . التكاثر الجنسي من النوع البيضي Oogamous .

طحلب Oedogonium :

يتواجد هذا الطحلب في مياه البرك والاحواض ينمو ملتصقاً على الصخور او النباتات المائية او الطحالب الاخرى وقد تنفصل الخيوط وتصبح طافية في الماء . ينمو مثبتاً جسمه بواسطة خلية قاعدية مثبتة hold fast cell ، الخلايا الخضرية تكون اسطوانية الشكل لها جدار خلوي ثلاثي الطبقات الداخلية من السليلوز والوسطى من البكتين والخارجية من الكايتين . البلاستيدة شبكية عديدة المراكز النشوية والنواة مفردة جانبية الموقع . النمو في هذا الطحلب من النوع البيئي . يتكاثر هذا الطحلب خضرياً بواسطة التجزؤ اما التكاثر اللاجنسي فيحدث اما بتكوين الابواغ المتحركة التي تمتلك خصلة من الاسواط في مقدمة البوغ عددها يصل الى ١٢٠ سوط متساوية في الطول . اما التكاثر الجنسي فيكون من النوع البيضي Oogamous ويكون اما من النوع ال Homothallic او النوع Heterothallic .





دورة حياة طحلب Oedogonium

Order : Cladophorales

الصفات العامة :

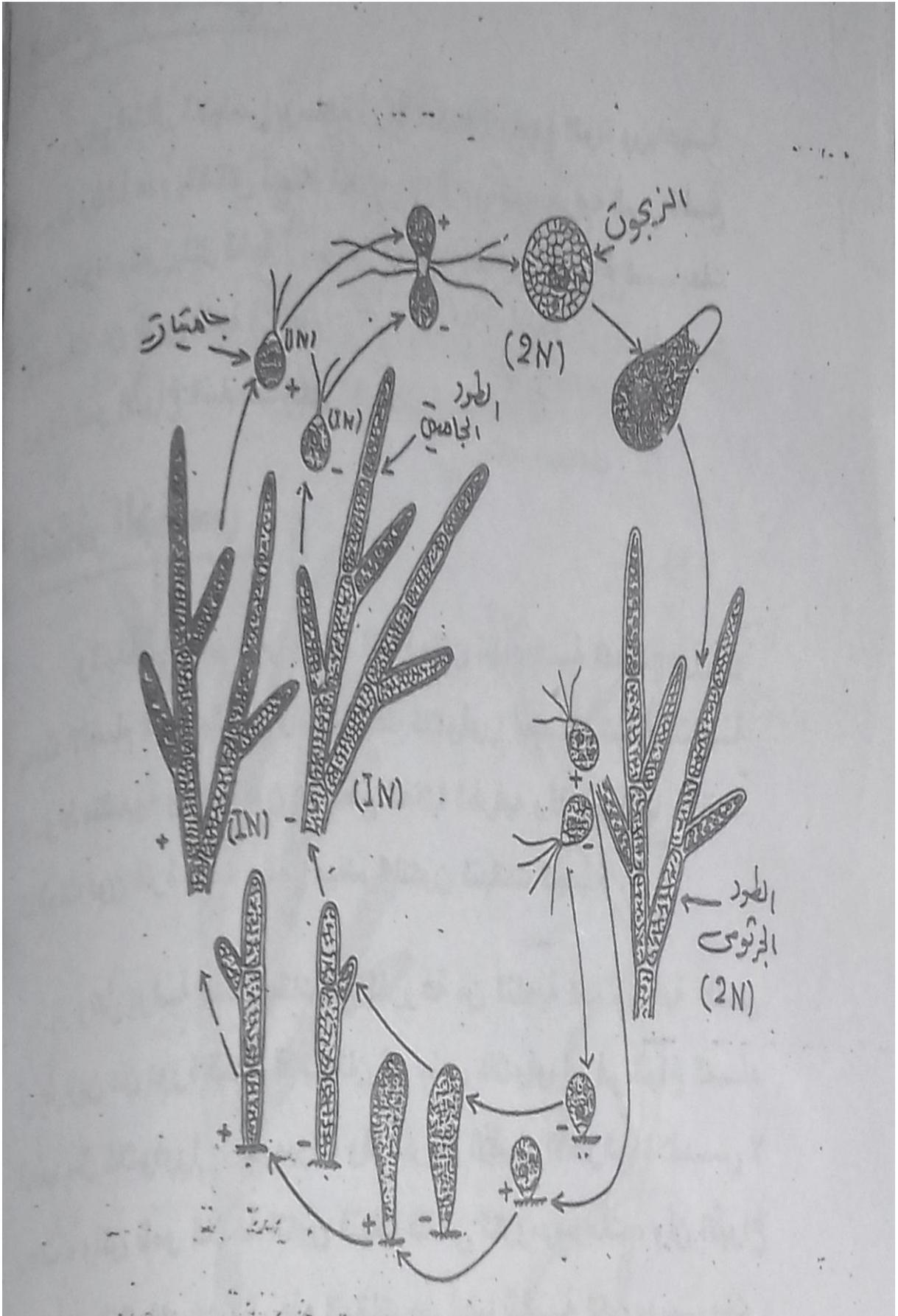
- ١- تتواجد افرادها في المياه العذبة و المالحة و المويوحة .
- ٢- تضم اجناس خيطية متفرعة او غير متفرعة .
- ٣- الخلايا اسطوانية الشكل متعددة الانوية والبلاستيدة شبكية تحوي عدة مراكز نشوية .
- ٤- النمو من النوع القمي .
- ٥- التكاثر الخضري بواسطة التجزؤ والتكاثر اللاجنسي بواسطة تكوين ابواغ غير متحركة او خلايا ساكنة .
- ٦- التكاثر الجنسي من النوع المتشابهة الامشاج المتحركة Isogamous او مختلفة الامشاج المتحركة Anisogamous
- ٧- بعض الاجناس تظهر فيها دورة الحياة المعقدة وتتضح فيها ظاهرة ترادف الاجيال .

طحلب Cladophora :

طحلب خيطي متفرع يتواجد في المياه العذبة وبعض انواعه تتواجد في المياه المالحة خلاياه اسطوانية الشكل يصل طولها ثلاث مرات اكثر من عرضها وتكون تفرعات الخيوط ثنائية وتحدث من نهايات الخلايا البلاستيديات شبكية الشكل عندما تكون حديثة التكوين وتتحول الى قرصية الشكل في الخلايا المسنة ولها مراكز نشوية متعددة . يدخل السليلوز والبكتين و الكايتين في تركيب الجدار الخلوي . و للطحلب دورة حياة معقدة اي تمر بدورة تعاقب الاجيال المتشابهة .

التكاثر

- ١- **خضري** : يكون بالتقطيع أو التفتيت .
- ٢- **لاجنسيا**: بتكوين جراثيم سابحة ثنائية أو رباعية الأسواط. تتكون هذه الجراثيم من أنشقاق الخلايا الطرفية والشبه طرفية الى وحدات وحيدة النواة يتكون لكل وحدة أربعة أسواط تتحرر عند النضج عن طريق فتحة في جدار الحافظة الجرثومية ثم تفقد أسواطها وتنمو مكونة طحلب جديدة.
- ٣- **جنسيا**: بتكوين أمشاج متشابهة متحركة ثنائية الأسواط .



دورة حياة طحلب كلابدوفورا *Cladophora*

سابعاً: رتبة المتزاوجات Order : Conjugales

تكون الطحالب في هذه الرتبة اما وحيدة الخلية او خيوط غير متفرعة وتحتوي على بلاستيدات خضراء كبيرة ومراكز نشوية ويحيط بها غلاف جيلاتيني حول جدار الخلية.

الصفات العامة :-

- ١- تتواجد افرادها في المياه العذبة او على التربة او الطين الرطب .
- ٢- تضم اجناس ذات اشكال خضرية متعددة قد تكون شريطية او خيطية بسيطة او متفرعة ، او تكون احادية الخلية .
- ٣- لاتضم اشكال خضرية متحركة او تراكيب تكاثرية مسوطة اي ليس لديها اطوار ذات اسواط على الاطلاق .
- ٤- اشكال البلاستيدات جدارية او حلزونية او نجمية او صفائحية مركزية وتحتوي البلاستيدة على مراكز نشوية متعددة .
- ٥- النواة تكون مفردة.
- ٦- التكاثر الخضري في الاشكال الخيطية بواسطة التجزؤ .
- ٧- التكاثر اللاجنسي بواسطة تكوين خلايا ساكنة .
- ٩- التكاثر الجنسي بتكوين امشاج ذات حركة اميبية تتحد بطريقة الاقتران Conjugation.

تضم هذه الرتبة فصيلتين :

Family: Desmidaceae الفصيلة الازمديديه

وتضم الطحالب وحيدة الخلية منفردة واحياناً متجمعه في مستعمرات تتميز بوجود تخصر واضح في الجزء الأوسط من الخلية الذي يقسمها الى اثنين من انصاف خلايا متماثلة الجانبين وتوجد النواة في منطقة التخصر الوسطى والحوامل الصبغيه محوريه وتحتوي على مراكز تكوين النشا.

Family: Zygnemaceae الفصيلة الزجنيماويه

وتضم الطحالب الخيطيه الغير متفرعه الحوامل الصبغيه تكون مفلطحه حلزونية (سبيروجيرا) الشكل او منفردة محوريه على شكل صفائح (موجوشيا) او نجمية

الشكل (زجنيما). وتتميز الأفراد الطحلبية التابعة لهذه الرتبة بنمط تكاثرها الجنسي والذي يتم بالتزاوج والذي اشتق من الأسم المميز لطحالب هذه الرتبة.

Family: Desmidiaceae الفصيلة الازمديادية

Cosmarium طحلب كزماريوم

عبارة عن طحلب صغير وحيد الخلية وبه تخصر وسطي وانصاف الخلايا به تكون شبه دائرية والدار به يكون مستو او متعرج وتحتوي كل خلية على نواة توجد غالباً في المنطقه الوسطى وتحتوي على بلاستيده محوريه بها نتوءات شعاعيه وبها مركز نشوي واحد يوجد في المركز.

Closterium طحلب كلوستيرم

طحلب وحيد الخلية مغزلي الطرفين هلالى الشكل ويعيش مثل اغلب طحالب هذه الرتبة في المياه العذبة . تنقسم الخلية الى نصفين متشابهين وترتبط مع بعضهما بروابط بروتوبلازمية متوازية ويحتوي كل نصف على بلاستيده مخروطيه الشكل يتوسطها مراكز عديده لتكوين النشا مرتبة في صف واحد وتقع النواة في المنتصف بين البلاستيدتين. طرق التكاثر لا يوجد في هذه العائلة تكاثر لاجنسي ويكون التكاثر اما تكاثر تكاثر خضري عن طريق تخصر البلاستيده من المنتصف ثم تبدأ النواة في الإنقسام الى نواتين تتحرك كل منهما في اتجاه التخصر الموجود في البلاستيده حتى تنقسم بمرور الوقت الى نصفين تتوسطهما النواة الجديدة وفي نفس الوقت يبدأ جدار الخلية بالتخصر في منطقة الوسط ثم يزداد التخصر حتى تنقسم الخلية بجدار عرضي الى خليتين متشابهتين تماماً للخليه الأمر. وهي تشبه في ذلك عملية الإنشطار العرضي. او تكاثر جنسي تتكاثر من خلال التزاوج بالأمشاج المتشابهه ويحدث دون انبوبة تزاوج. يحدث اندماج بين المشيجين حيث يكون هناك خليه مانحه وخليه مستقبله ينتقل احد المشيجين من الخليه المانحه الى الخليه المستقبله ليندمج بمشيج الأخرى وقد تتحرر الأمشاج من خلاياها قبل اندماجها لتكون اللاقحه ذات الجدر السميكة والتي تستقر لبعض الوقت وبعدها تنقسم نواتها انقساماً اختزالياً ثم تنبت لتكون طحالب جديده.

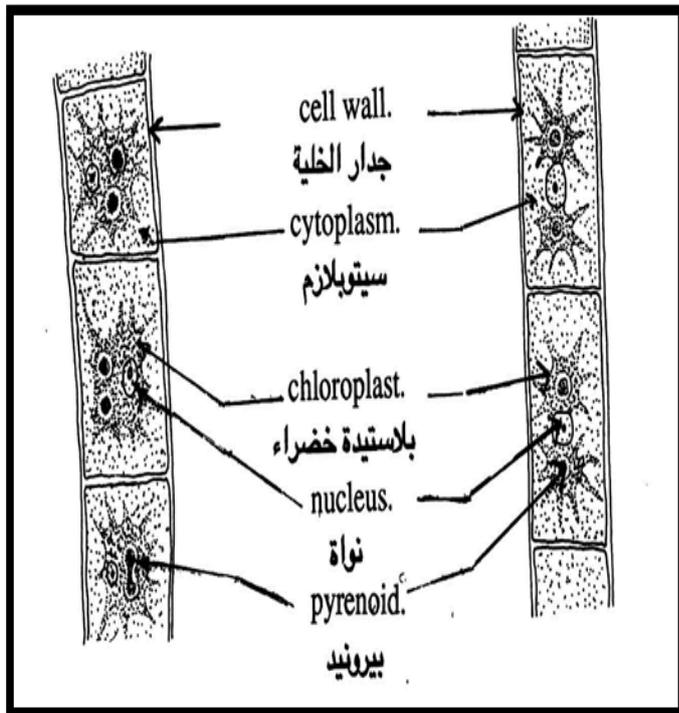
Family: Zygnemaceae الفصيلة الزجنيماويه

Mougeotia طحلب موجوشيا

يتكون الطحلب من خلايا خضرية اسطوانية الشكل طولها متساو مع العرض ويوجد بها حامل صبغي واحد على هيئة صفيحة محورية بها مركزان لتكوين النشا او اكثر وتترتب المراكز النشوية في شكل سلسلة طوليه والنواة فيها منضغطه وتتكون اللاقحه في قناة التزاوج وتكون كروية الشكل او مربعة. التكاثر يكون عن طريق التكاثر الخضري بواسطة التجزئه او التفتيت او عن طريق التكاثر اللاجنسي بواسطة الأكنيت او التكاثر الجنسي بواسطة التزاوج السلمي

Scalariform conjugation التزاوج السلمي

ويحدث عن طريق الأمشاج المتشابهه ويحدث الإندماج بين الخليتين المتجاورتين وفي هذا النمط من التكاثر تكون الخيوط الطحلبيه المتزاوجة بجانب بعضها وموازية لبعضها البعض ومحاطه بغمد مخاطي تنشأ حلمتين من الخليتين المتقابلتين عند اماكن التزاوج وتستطيل الحلمتين وتشبه الزوائد الخارجيه ثم تتصل مع بعضهما بعدها يتحلل الجدار الفاصل وبذلك تتكون قناة التزاوج بين الخليتين المتقابلتين مما يسمح للبروتوبلاست للعبور والاندماج وتندمج بعدها الامشاج لتكون اللاقحه والتي تستقر ثم تنقسم ثم تنبت لتكون افراد طحلبيه جديده.



Zygnema طحلب زيغنيما

يتواجد هذا الطحلب في المياه العذبة و البرك و الاحواض وهو طحلب خيطي غير متفرع خلاياه ضيقة متطاولة تحوي كل خلية نواة مفردة وسطية بالاضافة الى بلاستيدتين نجمية الشكل تحوي كل منها على مركز نشوي واحد . يتكاثر خضرياً بالتجزؤ ويتكاثر جنسياً بالاقتران Conjugation. والتزاوج يكون سلمي وقليل من الانواع يحدث

التزاوج جانبي واللاقحة تكون كروية الشكل.

Spirogyra طحلب سبيروجيرا

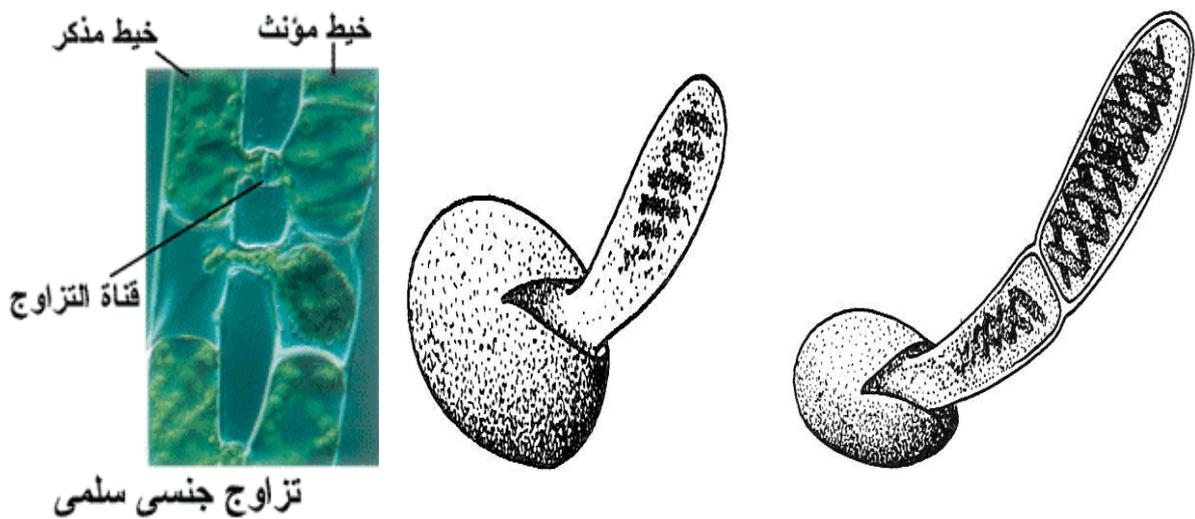
يسمى هذا الطحلب بحريير الماء وهو عبارة عن نبات خيطي حريري الملمس وهو عبارة عن خلايا اسطوانية الشكل يغلف كل منها بغلاف رقيق داخلي ويوجد حامل صبغي اخضر حلزوني مفلطح يمتد بشكل متعرج وامتداد بطول الخلية وتنتشر بداخله مراكز النشا وبقية الخلية تشغلها فجوه كبيره تتوسطها النواة تتصل بالسيتوبلازم المحيطي بواسطة روابط سيتوبلازمية رقيقه. لا يوجد بها تكاثر لاجنسي وتكاثر خضرياً عن طريق التجزئة وجنسياً عن طريق التزاوج السلمي (سبق شرحه) او التزاوج الجانبي .

Lateral conjugation التزاوج الجانبي

يتم التزاوج بين خليتين متجاورتين لذات الطحلب يحدث انبعاث صغير في الجدر الطوليه المجاور للجدر العرضي بين خليتين بعدها ينشأ ثقب يمر خلالها احد المشيحين الى المشيح الأخر الموجود بالخلية المجاورة ويندمج المشيخان وتتكون اللاقحة وتكمل هذه الأخيرة الخطوات مشابهه لما سبق شرحه حتى تصل للنمو وتكوين طحلب جديد.



دورة حياة طحلب سيبروحيرا



مراحل نمو خيط سيبروحيرا جديد

رتبة الألفالات Order : Ulvales

تعيش انواع قليلة منها في المياه العذبة ويوجد بعض منها حرة دون ماسك وتكون الطحالب فيها مفروده او مفلطحه او انبوبيه مجوفه وتنقسم الخليه فيها الى اكثر من مستويين وبذلك يتكون ثالوس برنشيمي الشكل.
وتضم فصيلة واحده هي :

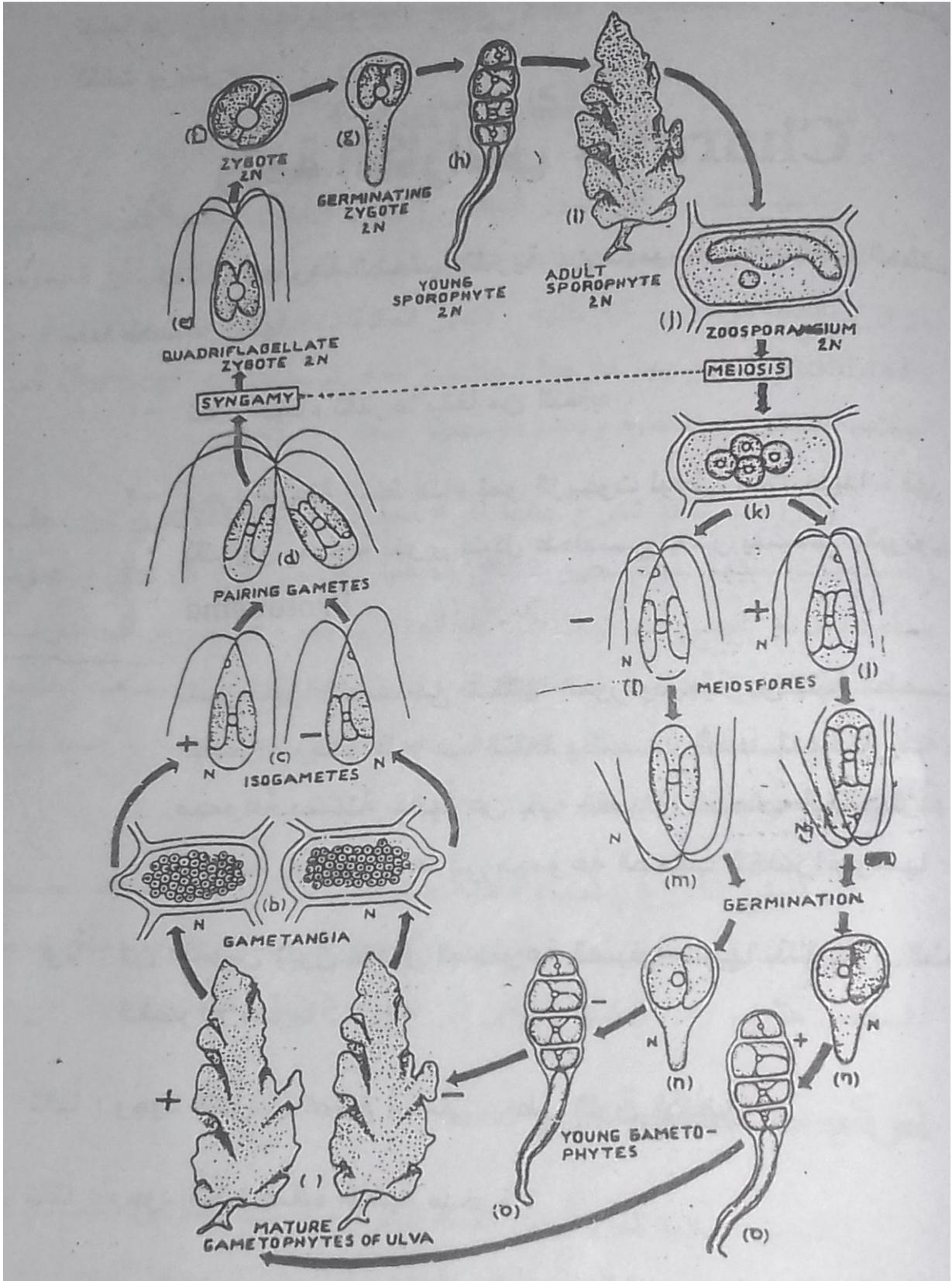
الفصيلة الالفه Family: Ulvalceae

طحلب الفا Ulva

يسمى هذا الطحلب بخس البحر وينمو في المياه المالحة ويعتبر وجوده مؤشر على زيادة المخلفات والمحتويات النتروجينية والثالوس يكون في شكل ورقي واوراقه مفلطحه تمتد في اشرطه طويله ويلتصق الثالوس على الاحجار والصخور بواسطة ماسك جذري من الخلايا القاعديه. ويكون سمك الطحلب خليتين ويصل طوله الى اكثر من ٣٠ سم.

التكاثر يكون خضري بواسطة التجزئة او لاجنسي بواسطة زوسبوريات او جنسي متشابه الجاميتات (ظاهرة تبادل الأجيال).
يتميز الطحلب بوجود ظاهرة تبادل الاجيال، فيوجد طورين في دورة الحياة متمثلين في طحلبين متشابهين ولكن يختلفان وراثياً كما في طحلب (كلادوفورا) فيحتوي احدهما على انويه احاديه المجموعه الصبغية ويسمى النبات المشيجي Gamytophyte والآخر يحتوي على انوية ثنائية المجموعه الصبغية ويسمى النبات الجرثومي sporophyte.

ويتم الاتحاد بين المشيجين المتشابهين لتتكون اللاقحه والتي تستقر لفته وتنفق فيها اهدابها وتفرز حولها جدار سميك ثم تبدأ في الإنبات مباشرة عن طريق انقسامات بسيطه ليتكون طحلب 2 ن (نبات جرثومي) وهذه عند النضج تبدأ في الإنقسام الاختزالي ثم عدة انقسامات بسيطه لتكوين جراثيم سابعه رباعية الاهداب لاتلبث ان تفقد الأهداب وتنقسم عدة انقسامات لتكون النبات المشيجي (ن).



دورة حياة طحلب الفجا (ظاهرة تعاقب الأجيال)

ثانياً: طائفة الطحالب الكاربه Phylum: Charophyceae

واسعة الانتشار في المياه العذبة اوالمالحه وهي طحالب متباينة الحجم تتميز طحالب هذه المجموعة عن الطحالب الخضراء بالخصائص الآتية :

- ١ - أعضاء التكاثر بالغة التعقيد في تركيبها.
- ٢ - لا ينمو الزيجوت مباشرة لإعطاء طحلب جديد ولكن تتكون مرحلة وسط تتمثل في وجود شكل خيطي يسمى بروتونيما Protonema .
- ٣ - تتميز تمايزاً واضحاً في الشكل الظاهري والتشريحي عن باقي الطحالب الخضراء.

• بناءاً على هذه النقاط تم وضع الطحالب الكاربه في مجموعته مستقلة بذاتها ومنفصلة عن باقي الطحالب الخضراء . ومع ذلك فهناك بعض أوجه الشبه بينها وبين الطحالب الخضراء منها :

١ - الثالوس أحادي المجموعة الصبغية (ن) كما في اغلب أفراد الطحالب الخضراء عموماً .

٢ - الصبغ السائد هو الكلوروفيل المسبب للون الأخضر.

٣ - يوجد النشا كمادة غذائية مدخرة .

الصفات العامة للطحالب الكاربه:

-يتكون الجدار الخلوي من سليولوز مشبع بالجير.

-الغذاء المدخر هو النشا.

-تحتوي على أصباغ كلورفيل (أ) وكلورفيل (ب) بالإضافة إلى الزانثوفيل والكاروتين.

-لا تكون هذه الطحالب جراثيم لا جنسية ، والتكاثر الجنسي عبارة عن تزاوج

بيضي.

التركيب : ينقسم جسم النبات إلى محور أو ساق خضراء اللون ، وجزء عديم

اللون وهو أشباه الجذور للالتصاق بالطين أو الطبقة التحتية . وتتكون الساق من

عقد و سلاميات .

• وتتكون العقدة من عدة خلايا تترتب كما يلي:

خليتين مركبتين محاطة بواسطة عدد من ٢ إلى ٦ خلايا محيطية، والسلامية

عبارة عن خلية واحدة مستطيلة اسطوانية الشكل . من عند العقد تخرج أفرع

جانبيه محدودة في نموها ، تترتب في وضع سواري . هذه الفروع يطلق عليها أحيانا أشباه أوراق ، و تتكون أيضا من عقد وسلاميات شبيهة بالمحور الأصلي إلا أنها محدودة النمو، ومن إبطها تخرج على مسافات ليست منتظمة أفرع جانبية طويلة غير محددة النمو. وتوجد اذيتين على جانبي قاعدة الفرع الجانبي . كما توجد الانثريدة و الاووجونة لأعضاء التكاثر الجنسي عند العقد .

التكاثر: خضرىا : بالتقطيع والتجزئة .

– **لاجنسي :** لا يوجد تكاثر لا جنسي إطلاقا .

– **جنسيا :** تكاثر بيضي بتكوين الانثريدة و الاووجونة .

الرتبه الكاربه Order: Charales

يتكون الثالوس هنا من محور رفيع وطويل حيث يتكشف الى عقد وسلاميات ويتصل بالوسط الذي يعيش فيه بواسطة أشباه الجذور وعند كل عقده ينشأ مجموعة من الفروع الجانبيه والتكاثر الجنسي يكون عن طريق التكاثر البيضي حيث يحدث الإخصاب بين سابجه ذكويه ثنائية الأسواط وبيضه تتواجد داخل الاووجونه وتكون محاطه بغلاف من الخلايا العقيمه وبعد الإخصاب ينقسم الزيجوت انقساماً اختزالياً وتنكشف فيما بعد الى طور خيطي ينكشف هو الآخر ليكون طحلب جديد. وتضم هذه الرتبه بعض الفصائل منها :

الفصله الكاربه Family: Characeae

طحالب مائيه جسم الثالوس يتكشف الى جزء شبه جذري وجزء هوائي والأخير يتكون من عقد وسلاميات والخليه في جسم الطحلب بها العديد من البلاستيدات الخضراء وعند اكتمال نضجها تصبح عديدة الأنويه. التكاثر يتم فيها عن طريق التكاثر الخيطي بواسطة التفتيت او عن طريق التكاثر الجنسي بواسطة التكاثر البيضي.

طحلب كار Charal

يعيش الطحلب في المياه العذبه الراكده او مثبتاً في الطمي الناعم في قاع البرك. يتكون الثالوس الطحلبى من محور رئيسي قائم يتكشف الى تراكيب متتابعه ومتبادله من العقد والسلاميات وينشأ على العقد مجموعه من الفروع الجانبيه ذات نمو محدود تترتب في وضع محيطي والفروع ذات النمو المحدود تُقسم هي الأخرى الى عُقد وسلاميات وبذلك تكون مماثله في مظهرها للمحور الرئيسي

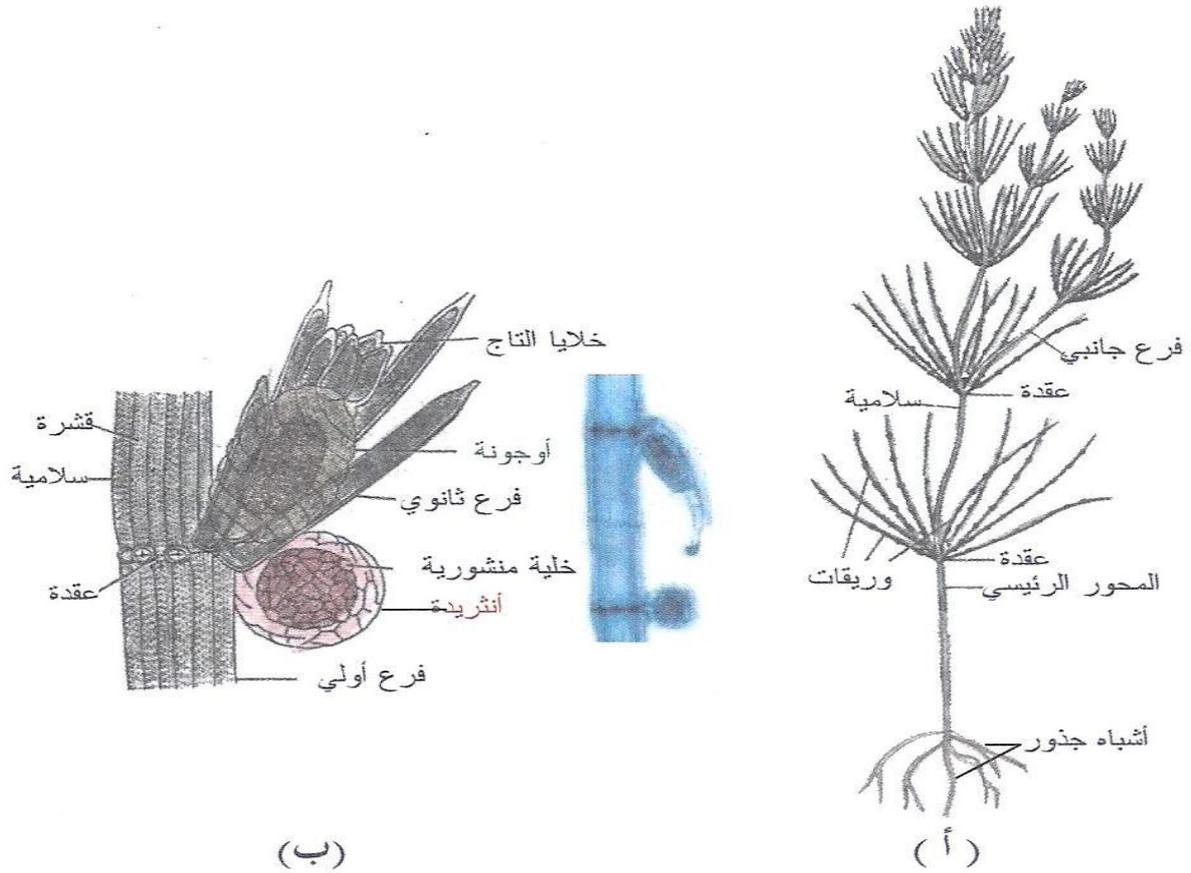
لجسم الطحلب. وتتكون السلاطية من خلية مركزية اسطوانية الشكل ذات طول يبلغ عدد قدر عرضها وتُغلف الخلية المركزية هذه بخلايا طولية تنشأ من العقد. العقده تتكون من مجموعة من الخلايا الصغيره وهي عباره عن خليتين مركزيتين محاطه بنحو 6-12 خليه محيطية ومن العقد القاعديه تنشأ زوائد تشبه الأذينات وتتميز الخلايا القريبه من القمه او عند العقد بانها صغيرة الحجم ولاحتوي على فجوات واضحة والنواة وحيدة تتركز وسط الخلية. واشباه الجذور تكون متعدده الخلايا وتنشأ من العقد السفلي لمحور الطحلب ولاتكشف الى عقد وسلاميات. السيتوبلازم محبب وكثيف وبه بلاستيدات خضراء قرصيه او بيضاويه الشكل وينعدم وجود مراكزو نشويه وتحاط الخلية بجدار واضح والذي يكون محاط بطبقة جيلاتينية. والنمو قمي بواسطة خلايا مستديره.

التكاثر فيها يكون:

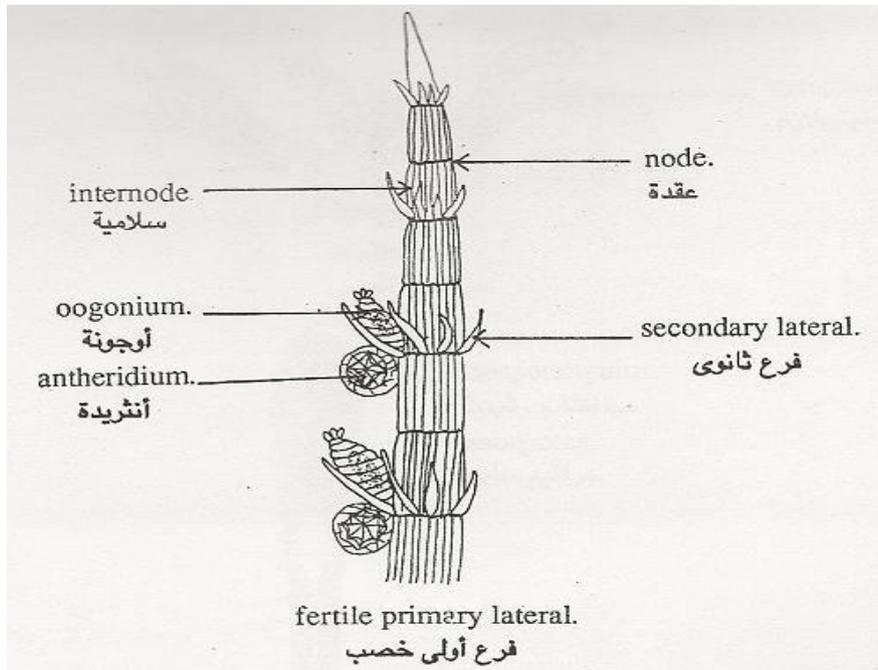
١- تكاثر خضري (التجزئه)

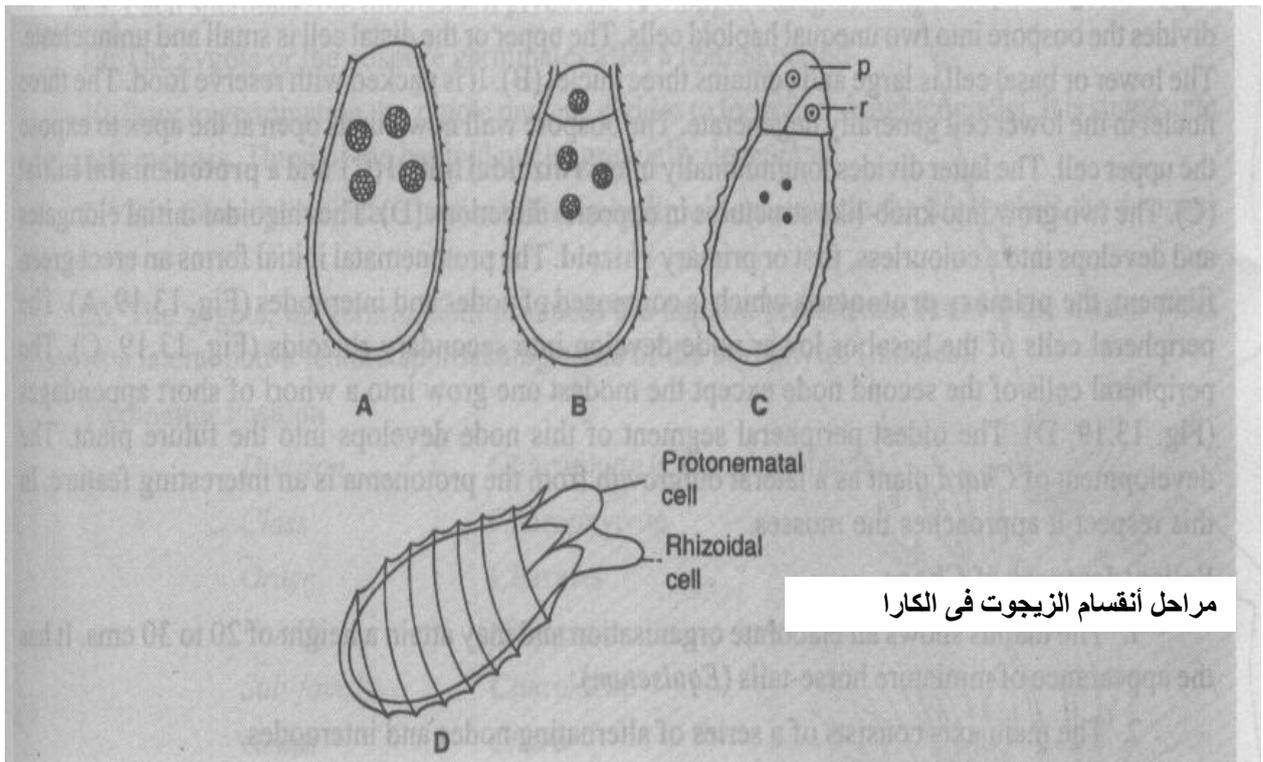
٢- لا يوجد تكاثر لاجنسي

٣- تكاثر جنسي بطريقة التكاثر البيضي



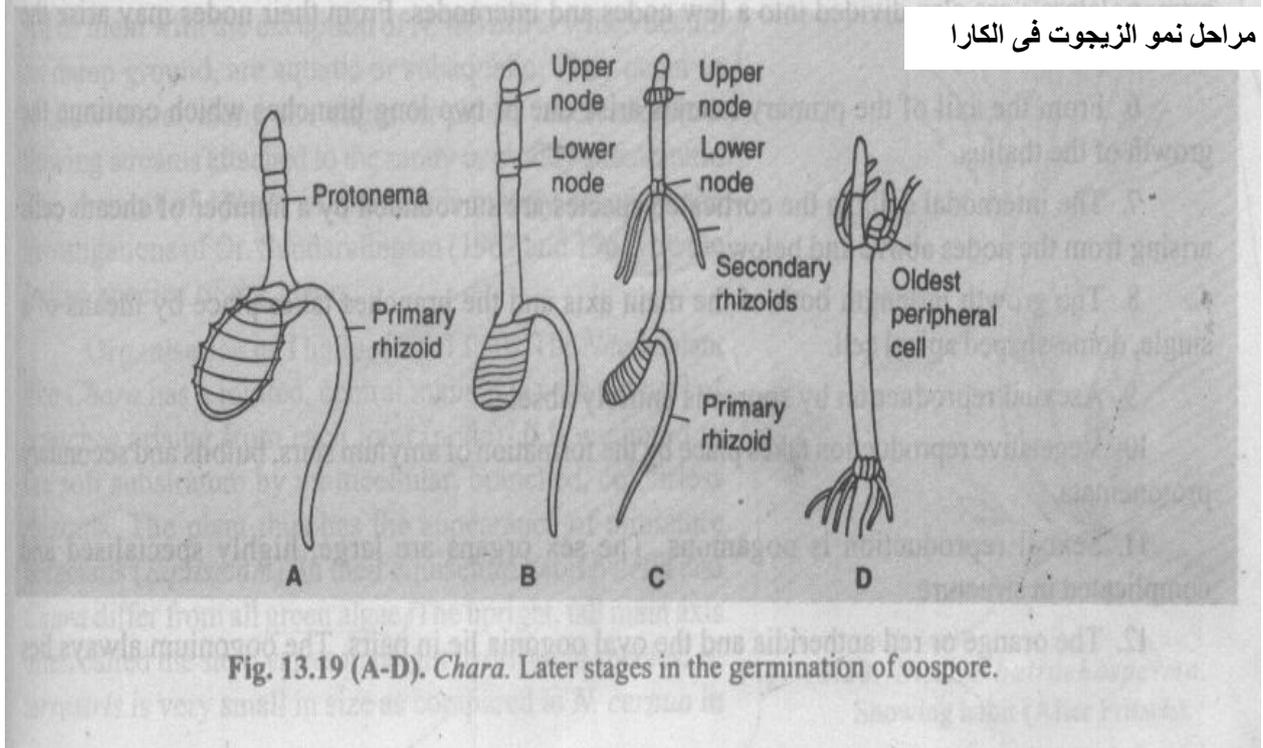
الشكل العام لطحلب كارا (أ)، و الطحلب يحمل أعضاء التكاثر الجنسية (ب).





مراحل أنقسام الزيغوت في الكارا

Fig. 13.18 (A-D). *Chara*. Germination of oospore. (A), Zygote at 4-nucleate stage; (B), Zygote with uninucleate upper cell and 3-nucleate basal cell; (C), Formation of protonematal cell (p) and rhizoidal cell (r); (D), Enlargement of protonematal and rhizoidal cells.



مراحل نمو الزيغوت في الكارا

Fig. 13.19 (A-D). *Chara*. Later stages in the germination of oospore.

التكاثر الجنسي في طحلب الكارا

ثانياً: قسم الطحالب الوجلينية**Division: Euglenophyta****الخصائص العامة للطحالب الوجلينية**

١- تعيش طحالب هذه المجموعه في المياه العذبه والغنية بالمواد العضويه وكذلك في التربه الرطبه وهي طحالب وحيدة الخليه وممكن ان تتواجد على هيئة مستعمرات.

٢- تحتوي الخليه على نواة متعضيه تفتقر الى جدر خلويه و مزوده بطبقه مرنه تسمى بريلاست.

٣- تحتوي على كلورفيل (أ) والتي يكسبها اللون الأخضر بالإضافة الى اصباغ الكاروتين والزانثوفيل والبعض منها لا يحتوي على البلاستيدات لذلك تكون شفاه او عديمه اللون. البلاستيدات تكون قرصية ، شريطية ، نجميه ، او صفائحيه وذلك تبعاً لنوع الطحلب.

٤- لا يوجد لخلاياها جدار خلوي ويكون محاط بغشاء بلازمي او خلوي فقط . والبلازما المحيطيه تكون على هيئة طبقه مرنه خاليه من السليولوز وعليه يمكن للكائن تغيير شكله من آن للآخر ويمكن الطحلب من الحركه بالصوره الأميبيه بالإضافة ان الخليه الطحلبيه تحتوي على سوط او سوطين للحركه وعلى فجوات منقبضه للإخراج.

٦- توجد بقعة عينية عند جانبي الخلية وهي حساسه للضوء هذه البقعة العينية تُمكن الخليه من الحركه باتجاه الضوء متوسط الشدة بينما تبتعد الخليه عن الضوء القوي.

٧- الغذاء المدخر هو عباره عن ماده كربوهدراتيه عديدة التسكر وتسمى اجسام باراميلوميه يكون بصوره نشاء حيواني ينفرد به هذا القسم ويتم تكوينه في السيتوبلازم خارج البلاستيدة وبذلك يختلف عن طريقة تكوين النشاء والتي تتم في البلاستيدات في الطحالب الأخرى.

٨- يتمثل في طحالب هذا القسم صفات لكائنات نباتيه وصفات أخرى لكائنات حيوانية في نمط التغذية حيث تتغذى بطريقة ذاتية التغذية كما تفعل الكائنات النباتيه او تتغذى بطريقة بلع جزيئات الماده

الغذائية كما تفعل الكائنات الحيوانية وايضاً النشاء الحيواني البارميليوم الذي تخزنه هذه المجموعة.

٩- التكاثر يتم بالإنشطار الثنائي او بالتحوصل.

Phylum: Euglenophyceae طائفة الطحالب اليوجلينيه

Order: Euglenales الرتبة اليوجلينه

طحلب Euglena

طحلب أخضر وحيد الخلية مغزلي الشكل يوجد في البرك والمستنقعات كجسم بروتوبلازمي عاري ليس له جدار خلوي ولذلك كثيراً ما يتغير شكله يحتوي على حبيبتين قاعديتين ينشأ منهما سوطين قصير يمتد للداخل وآخر طويل يمتد للخارج يستخدمه الطحلب للحركة. وتوجد بقعه عينية توجه الطحلب ناحية الضوء وعدد من البلاستيدات والميتوكوندريا وحبيبات النشا (باراميليوميه) ويحيط بالخلية غلاف جيلاتيني.

التكاثر الجنسي غير معروف بالتحديد في هذا الطحلب وان وجد في بعض الأنواع يتم باندماج اثنين من الامشاج المتشابهه لتكوين اللاقحه.

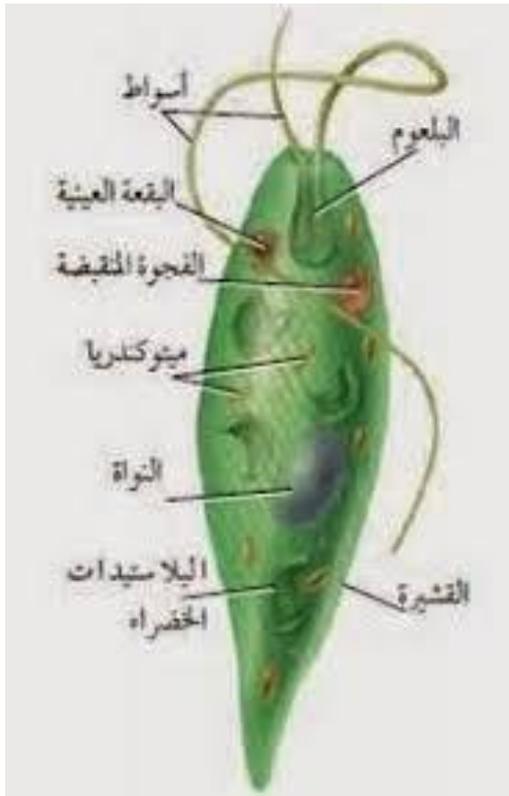
التكاثر اللاجنسي عن طريق:

١- الإنشطار الطولي

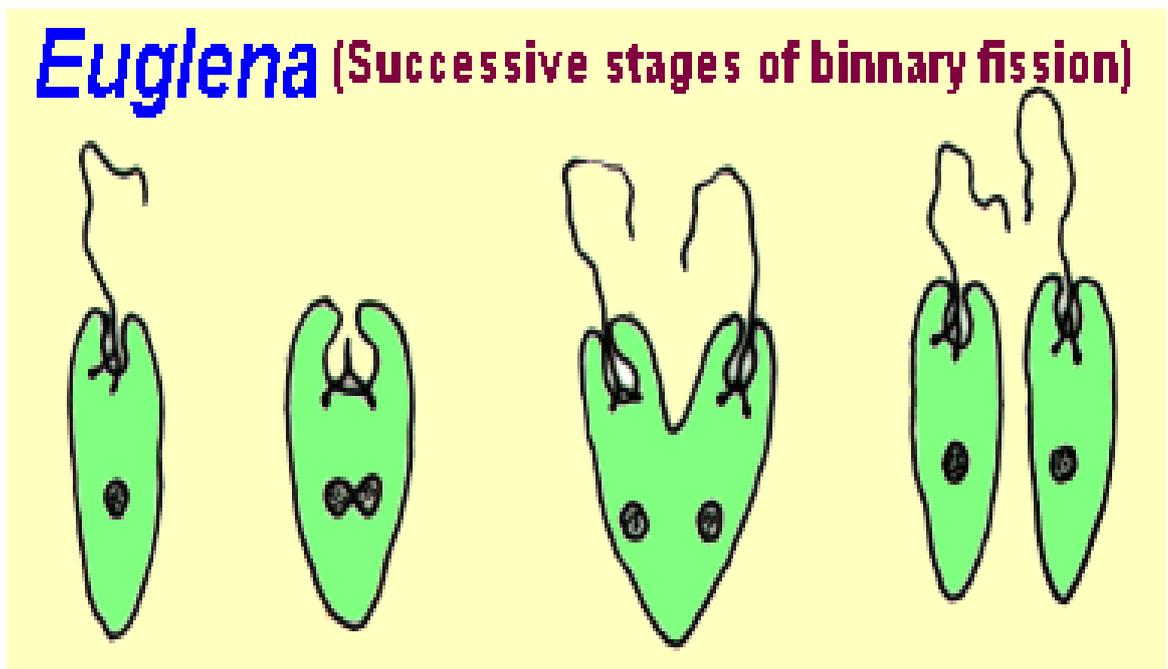
حيث يبدأ الإنقسام من الطرف الأمامي وتدرجياً الى الخلف ويتبع ذلك انقسام نصفي لكافة المحتويات بما في ذلك النواة الى أن يتم في النهاية انشطار الطحلب الى جزئين (طحلبين) ينمو الطحلبان لتعطيان طحالب مماثله للأصل.

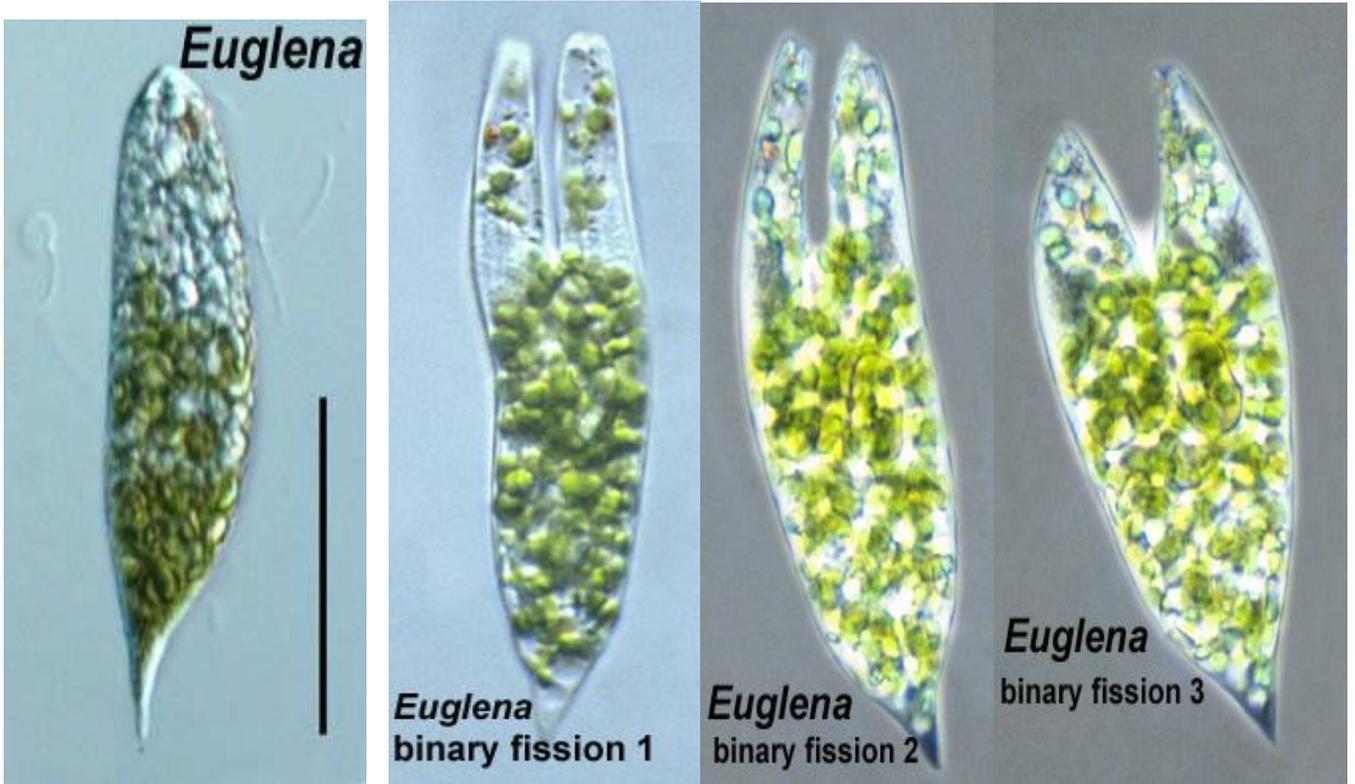
٢- تكوين الحويصلات (التحوصل)

في الظروف الغير ملائمه تستقر اليوجلينا وتتكور وتفقد الأسواط وتتغلف بغلاف هلامي سميك ثم تتحول الى خلايا كامنة ساكنة مغلظة الجدران وعند تحسن الظروف تنقسم المحتويات الداخلية الى عدة وحدات (٢، ٤، ٨) متشابهة ومع تحرر الوحدات تنمو مكونة يوجلينات جديدة.



طحلب Euglena





ثالثا: الطحالب الخضراء المصغرة (الذهبية Chrysophyta)

تمتاز طحالب هذا القسم بأن صبغات الكاروتين والزانتوفيل تسود نسبيا على صبغات الكلوروفيل ، ولهذا فإن ألوانها تتراوح ما بين أخضر مصفر إلى بني ذهبي. كما أن هذه الطحالب لاتخزن موادها الغذائية في صورة نشا بل في صورة زيوت وفي صورة مركب شبيه بالبروتين هو ليكوزين leucosin . الأسواط في حالة وجودها تكون غالبا اثنين مختلفين أحدهما ريشي pinnate والثاني كرباجي whiplash .

يضم هذا القسم ثلاثة صفوف هي:-

١- الطحالب الصفراء الذهبية Class: Chrysophyceae

٢- الطحالب الصفراوية Class: Xanthophyceae

٣- الطحالب الدياتومية (Diatoms) Class: Bacillariophyceae

صف الطحالب الصفراوية Class: Xanthophyceae

الخصائص العامة للطحالب الخضراء المصغرة

- ١- تعيش طحالب هذه المجموعة في المياه العذبة.
- ٢- تتباين طحالب هذه المجموعة في أشكالها حيث تكون وحيدة الخلية كروية الشكل او على هيئة مدمج خلوي او خيطية الشكل.
- ٣- المواد الغذائية المدخره تكون على شكل زيوت او دهون ولا تكون على صورة نشا.
- ٤- الجدار الخلوي فيها يتكون اساساً من مواد بكتينية وقد تكون مشبعه بالسيليكا.
- ٥- الخلايا وحيدة النواة.
- ٦- الأصباغ الشائعه هي الزانثوفيل الأصفروالذي يكسب الطحلب اللون الأصفر المخضر بسبب زيادته على صبغ الكلورفيل بالإضافة الى صبغ الكلورفيل (أ ، ج) و الكاروتين.
- ٧- لا يوجد بالبلاستيدات مراكز لتكوين النشا والبلاستيدات تكون عدسية او قرصية الشكل.
- ٨- تتحرك طحالب هذه الطائفة بالأسواط ولكن من الخصائص المميزة لها أن للوحدات المتحركة منها سوطان غير متساويان في الطول.
- ٩- التكاثر يتم عن طريق التكاثر الخضري (بتحطيم جسم الطحلب) ، التكاثر اللاجنسي عن طريق تكوين جراثيم غير متحركة (ابلانوسبورات) او جراثيم متحركة (زوسبورات) ، والتكاثر الجنسي (متشابه او متباين الأمشاج او البيضي).

(الرتبة الفوشيرياويه Heterosiphonales) Order: Vaucheriales

وتضم هذه الرتبة الطحالب ذات المدمج الخلوي السيفونوي وتتمثل بفصيلتين :

الفصيلة البوتريديه Botrydiaceae Family:

الفصيلة الفوشيرياويه Voucheriaceae Family:

٢- الفصيلة الفوشيرياويه Voucheriaceae Family:

Vaucheria الفوشيريا

يعيش طحلب فوشيريا في المياه العذبة الراكدة أو التربة الرطبة ، والقليل من أنواعه يوجد في المياه المالحة. يتكون الطحلب من خلية واحدة أنبوبية كثيرة التفرع وعديدة الأنوية coenocyte . وتظهر الجدر العرضية عند تكوين أعضاء التكاثر أو حدوث جرح أو مرض. الأنواع الأرضية لها أشباه جذور قاعدية عديمة اللون (شكل

٣٥). يكون السيتوبلازم طبقة رقيقة تبطن جدار الخلية ، ويشغل مركز الخلية فجوة عصارية كبيرة تمتد بطول الطحلب. الأنوية توجد بالسيتوبلازم للداخل ناحية الفجوة العصارية ، والبلاستيدات الخضراء القرصية أو الكروية أو البيضاوية والخالية من البيريونيدات توجد للخارج ناحية جدار الخلية. ويخزن الطحلب غذاءه في صورة زيت.

التكاثر

١- التكاثر الخضري

ويكون بالتجزئة حيث يتقطع الخيط الطحلي الى عدة قطع صغيرة ، ثم ينمو كل جزء مكوناً طحلب جديد.

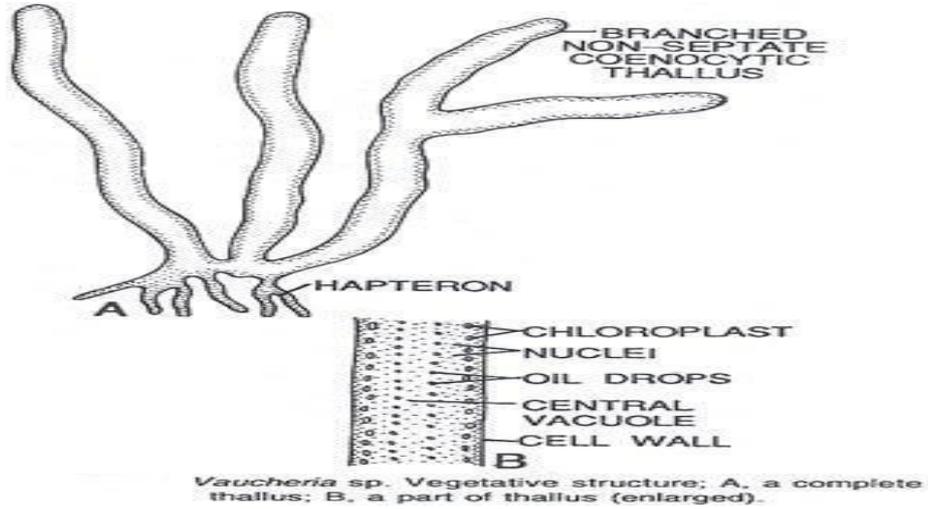
٢- التكاثر اللاجنسي - Asexual reproduction :

يحدث التكاثر اللاجنسي في الأنواع المائية بتكوين حواجز عرضية تفصل انتفاخات طرفية صولجانية الشكل في أفرع الطحلب تصبغ الخلايا الطرفية أكياسا جرثومية zoosporangia ينعكس وضع الأنوية والبلاستيدات الخضراء في بروتوبلاست الكيس الجرثومي فتصبح الأنوية للخارج والبلاستيدة للداخل. ينقبض البروتوبلاست وينفصل عن جدار الكيس الجرثومي ، ثم يتكون على البروتوبلاست من الخارج عديد من الأسواط ، كل سوطين متجاورين يقابلان نواة ، ويصبح البروتوبلاست جرثومة مركبة عديدة الأنوية وعديدة الأسواط. تخرج الجرثومة السوطية المركبة من ثقب في طرف الكيس الجرثومي تسبح الجرثومة فترة في الماء ثم تستقر وتكون جدار وتنبت مكونة طحلبا جديدا. ويحدث التكاثر اللاجنسي في الأنواع الأرضية بتكوين حواجز عرضية تفصل أجزاء من الشريط الطحلي إلى خلايا تغلف بجدر غليظة مكونة جراثيم ساكنة hypnospores ، تنبت بعد فترة سكون لتكون طحالب جديدة .

٣- التكاثر الجنسي - Sexual reproduction :

يحدث التكاثر الجنسي بتكوين أعضاء تذكير وأعضاء تأنيث ، عادة على نفس الثالوس ومتجاورين على نفس الفرع . عضو التذكير خطافي الشكل ويفتح بثقب طرفي وتخرج منه جاميطات ذكرية كمتيرية الشكل وحيدة النواة وثنائية الأسواط الجانبية. يتكون عضو التأنيث كخلية في نهاية نتوء تحتوي على بيضة واحدة وحيدة النواة عند النضج . ويتم الإخصاب بدخول جاميطة ذكرية إلى البيضة خلال بروز في عضو التأنيث ويتكون الزيجوت الذي ينضج ويحيط نفسه بجدار سميك متحولا إلى

جرثومة بيضية oospore ساكنة ، تنبت بعد فترة سكون فتنقسم نواتها انقساماً
اختزاليا ثم غير مباشر وتنمو لتكون طحلباً جديداً.



دورة حياة طحلب الفوشيريا *Vaucheria*

قسم الطحالب البنية

Division: Phaeophyta

الخصائص العامة للطحالب البنية

١- تعتبر الطحالب البنية من ارقى الطحالب وأكثرها تعقيداً من حيث تركيبها الداخلي والخارجي.

- ٢- الطحالب البنية طحالب بحرية غالبيتها تعيش في البحار والمحيطات بعكس الطحالب الخضراء المزرقة والخضراء والتي معظمها تعيش في المياه العذبة.
- ٣- تتواجد متصله بالصخور والحجارة او كنباتات معلقة على النباتات الصخرية وذلك عن طريق مثبتات او مواسك.
- ٤- الثالوس كبير الحجم ذات ملمس جلدي او مطاطي ويتكون من ماسك او قدم ، حامل او عنق ، ونصل عريض مفلطح وظيفته بناء الماده العضوية في عملية البناء الضوئي وكذلك إنتاج الجراثيم اثناء عملية التكاثر.
- ٥- طحالب هذه المجموعة غير متحركة وليست وحيدة الخلية ، تكون على شكل متعددة الخلايا منها ماهو على شكل خيوط ومنها ماهو متفرع وهي عبارة عن تراكيب خلوية ونسيجية مختلفة.
- تمثل هذه المجموعة الأعشاب Kelps والأعشاب الصخرية مثل Rock weeds -البحرية مثل
- ٧- يوجد تقسم وتخصص واضح في عمل وفسولوجيا الخلايا .
- ٨- الجدار الخلوي يتكون من طبقتين الداخلية سيلولوزية والخارجية جيلاتينية وتحتوي نسبة عالية من الألبين .
- ٩- الأصباغ الشائعة هي صبغ الفيوكوزانثين والذي يفوق كمية الكلورفيل والكاروتين لذلك يأخذ الطحلب في هذه المجموعة اللون البني .
- ١٠- المواد الغذائية المدخرة هي عبارة عن مواد كربوهيدراتية تسمى لامينارين بالإضافة الى سكر المانيتول .
- ١١- التكاثر يتم بعدة طرق منها :
- التكاثر الخضري (تفتيت جسم الطحلب الى عدة اجزاء)
- التكاثر اللاجنسي (إنتاج الجراثيم ثنائية المجموعة الصبغية متحركة والتي تتكون من جسم كمثري الشكل ويحتوي على سوطين جانبيين احدهما طويل ويتجه الى الأمام والأخر قصير ومتجه الى الخلف) .
- التكاثر الجنسي تتميز بظاهرة تبادل الأجيال (الطور المشيجي مع الطور الجرثومي) .

تقسيم الطحالب البنية

تقسم طحالب هذه المجموعة على اساس دورات الحياة الى ثلاث مجموعات :
 ١- طحالب متشابهة Isogeneratae وتتميز بوجود طورين متعاقبين ومتماثلين.
 الأجيال

٢- طحالب غير متشابهة Heterogeneratae وفيها يتعاقب طورين غير متماثلين.
 الأجيال

٣- طحالب دائرية Cyclosporaes وتتميز بعدم وجود ظاهرة تبادل الأجيال ويمثل
 الأبواغ

الثالوس ثنائي المجموعة الصبغية طوال دورة حياته .

اولاً : طائفة الطحالب البنية متشابهة الأمشاج Class: Isogeneratae

رتبة الإكتوكاربالات Order : Ectocarpales

الفصيلة الإكتوكاربية Family : Ectocarpaceae

مثال : طحلب Ectocarpus

تعيش انواع هذا الطحلب في مياه البحر الأبيض المتوسط وفي المياه الباردة ،
 ويتركب الطحلب من خيوط رفيعة كثيرة التفرع ، لونها بني مصفر توجد على
 الصخور او عالقة على بعض انواع الطحالب الأخرى وتوجد تفرعات شبه جذرية من
 الخلايا القاعدية للمحور الرئيسي تساعد على تثبيت الطحلب. وفي الغالب يتميز
 الثالوس الى خيوط زاحفة وأخرى قائمة تنتهي بأطراف مدببة بعض الشئ . الخلية
 صغيرة الحجم دائرية او برميلية تحاط من الخارج بجدار سميك ويمثل مركز الخلية
 فراغ مركزي وتوجد النواة معلقة بواسطة اشربة سيتوبلازمية ، السيتوبلازم
 يحتوي على حاملات اصباغ تكون اما قرصية او شريطية غير منتظمة الشكل .
 الثالوس يكون اما احادي او ثنائي المجموعة الصبغية. طرق التكاثر اما لاجنسي او

جنسي التكاثر اللاجنسي

ويحدث بتكوين جراثيم سابحة ثنائية الأسواط (الاسواط جانبيه وغير متساويه في
 الطول) تنتج من حواظ جرثومية اما بسيطه او مركبة .
 حواظ جرثومية بسيطة (٢ ن) : تنقسم عدة مرات اولها إختزالي لتعطي الامشاج
 ذات انوية احادية المجموعة الصبغية يتجمع حول كل منها سيتوبلازم وتعطي

سابعه وتبدأ السابحة في الإنبات مكونه نبات جديد يسمى (الطور المشيجي) وهو احادي المجموعة الصبغية (ن) .

حوافظ جرثومية مركبة (2ن) : تنقسم عدة مرات وتتحول الى جرثومة سابحة ثنائية المجموعة الصبغية وثنائية الاهداب ، وعند تحررها تنمو مباشرة لتعطي نبات ثنائي المجموعة الصبغية يسمى (الطور الجرثومي 2 ن) يحمل حوافظ جرثومية بسيطة واخرى مركبة وهكذا.

التكاثر الجنسي

وفيه تتركب دورة الحياة من جيلين متشابهين في شكلهما الخضري ويتبادل الواحد مع الآخر. يتركب احد الجيلين من الطور المشيجي وهو احادي المجموعة الصبغية وينتج الأمشاج ، والجيل والآخر من الطور الجرثومي وهو ثنائي المجموعة الصبغية وينتج الجراثيم وتوصف دورة الحياة بالدورة متشابهة الأجيال .

دورة حياة طحلب Ectocarpus

يُكون النبات (الطور المشيجي) تراكيب تكاثرية عديدة الخلايا تسمى الحوافظ المشيجية عديدة الغرف (عديدة الخلايا) وكل خلية فيها تتحول الى مشيج واحد ذو سوطين. تثبت الامشاج بعد تحررها مباشرة وبعد أن تفقد اسواطها تعطي نباتات مشيجية. وقد يحدث تزاوج بين مشيجين من نباتات أحادية مختلفة وتعطي الزيجوت والذي بدوره ينمو الى نبات جرثومي ثنائي المجموعة الصبغية قليل التفرع .

يُكون النبات (الطور الجرثومي) نوعين من الحوافظ الجرثومية ، احدهما وحيد الغرف والاخر عديد الغرف ، وتكون الحافظة الجرثومية عديدة الغرف عديدة الخلايا وكل من خلاياها تتحول الى جراثيم ثنائية المجموعة الصبغية . وتكون هذه الجراثيم نباتات جرثومية ثنائية جديدة ، ويؤدي تكوين الجراثيم الثنائية المجموعة الصبغية الى زيادة سريعة في عدد الطحالب اثناء فترات النمو المناسب.

اما الحافظة الجرثومية وحيدة الغرف في النبات الثنائي فكل الجراثيم توجد معاً في فراغ واحد . تنقسم نواة الحافظة الجرثومية وحيدة الغرف انقساماً إختزالياً يتبعه عدة انقسامات غير مباشره فتتكون أنوية وتحاط كل نواة بجزء من السيتوبلازم

مكونة جرثومة سابحة ذات سوطين جانبيين غير متساويين ، واحادية المجموعة الصبغية . تتحرر الجراثيم ثم تفقد اسواطها وتنبت لتكون نباتات مشيحية أحادية المجموعة الصبغية . وبالتالي تتعاقب دورة الحياة.

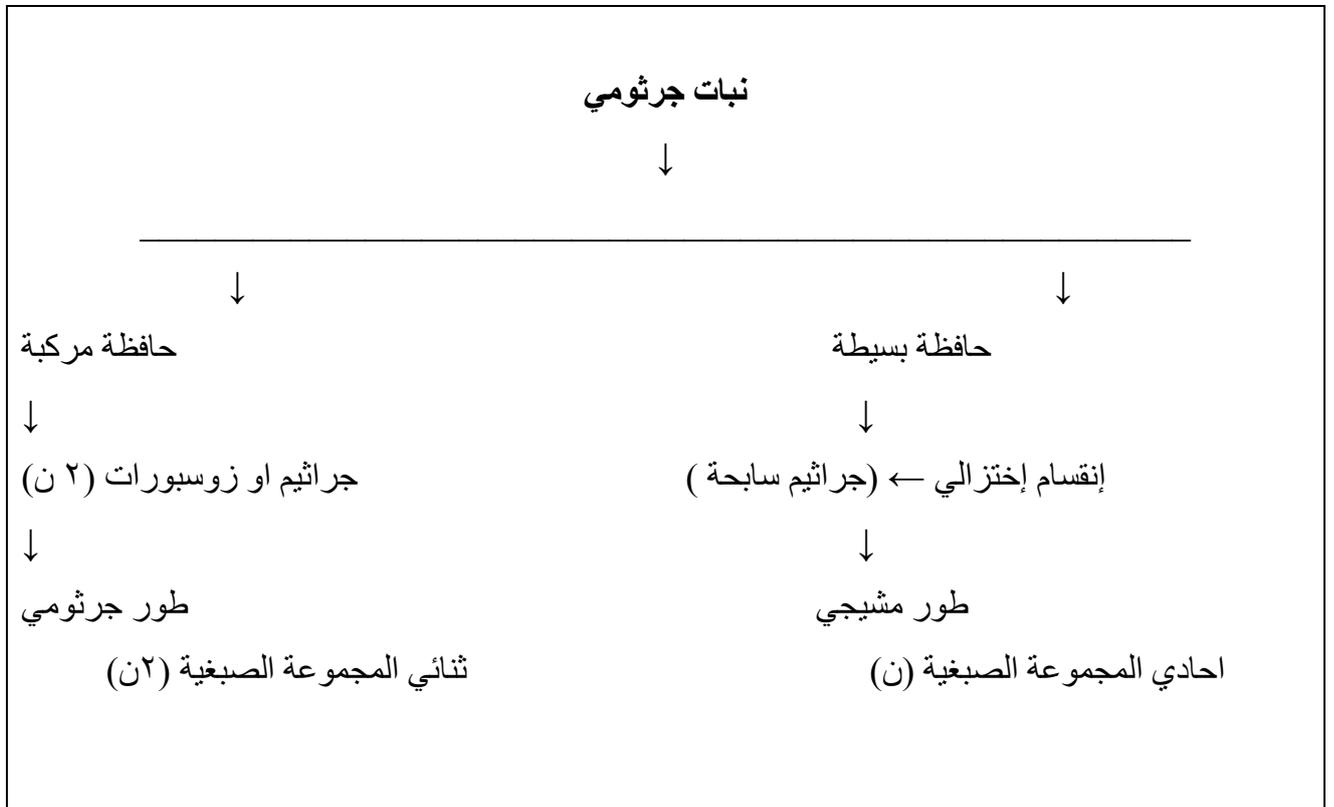
ملخص دورة حياة طحلب Ectocarpus

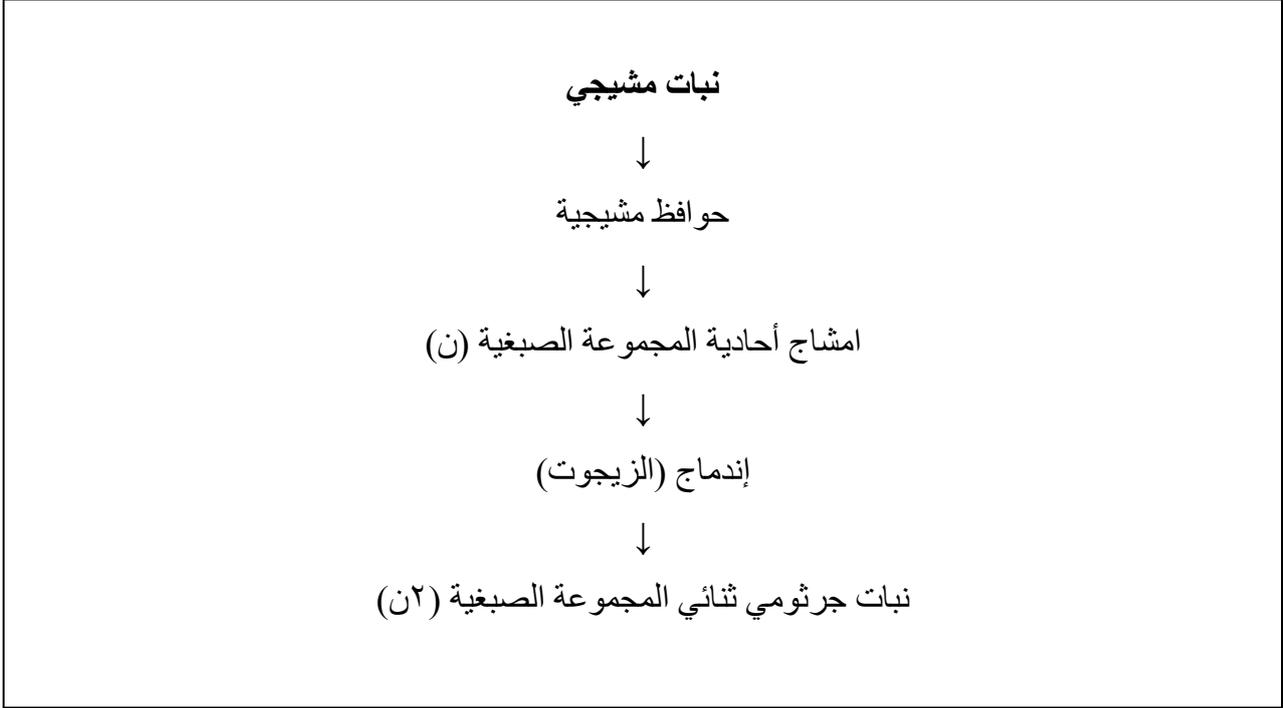
* * الطور الجرثومي * *

نبات لاجنسي ثنائي المجموعة الصبغية يحمل حوافظ جرثومية مركبة وبسيطة وينتج الجراثيم السابحة احادية وأخرى ثنائية المجموعة الصبغية .

* * الطور المشيحي * *

طور جنسي وينتج من انبات الجراثيم السابحة الناتجة من الحوافظ البسيطة ويحمل حوافظ مشيحية تنتج امشاج قد تكون متشابهه او متباينة وباندماجهما تتكون لاقحه او زيجوت ينبت ليعطي نبات جرثومي جديد وتتكرر دورة الحياة مرة اخرى وهكذا وكلا الطورين متشابهين تماماً من حيث الشكل الخارجي.





Class : Heterogeneratae ثانياً : طائفة الطحالب البنية مختلفة الأجيال

Order : Laminariales الرتبة اللامينارية

Family : Laminariaceae الفصيلة اللامينارية

تضم انواع من الطحالب البحرية كبيرة الحجم وتتميز بتعاقب الأجيال وذلك بين طور جرثومي كبير الحجم معقد التركيب وطور مشيجي صغير الحجم .

مثال طحلب Laminaria

تمثل اللاميناريا النبات الجرثومي ، ويكون كبير جداً في الحجم ويتركب من ثلاثة اجزاء : الأول مثبت او ماسك قاعدي والثاني عنق طويل ساقي الشكل ويكون في شكل مستدير والثالث نصل ورقي الشكل كثير التفرع وقد يكون مجعد الحافة. يصل طول الطحلب الى مترين وفي انواع اخرى تصل السويقه الى خمسة امتار. تحتوي اجسام اللاميناريا على كميات وفيرة من المواد الهلامية اما داخل الثالوس او على سطحه وتعمل على حماية النبات من الجفاف وهناك انواع كثيره مزوده بمثانه هوائية تساعد النبات على الطفو . وتتميز اللاميناريا بدرجة عالية من التميز

الداخلي عن باقي الطحالب ، ففي بعضها توجد خلايا مستطيله ذات جدر طرفيه مثقبه لها علاقه بتوصيل الغذاء. التركيب الداخلي لطحلب اللاميناريا يتركب من منطقة المريسستوديرم (خلايا مرستيميه تحيط بها من الخارج طبقه هلامية وهي غنية بحاملات اللون) ، والقشرة الداخلية خلايا اكبر حجماً وتخرج منها بروزات خيطية تمتد افقياً ، و القشرة الخارجية (تتركب من خلايا كبيرة نسبياً وشاحبة ، واخيراً المنطقه الوسطية او النخاع) تتكون من كتلة متداخله من الخيوط) .

التكاثر اللاجنسي في طحلب Laminaria

معظم الاعشاب البحرية معمره او يبلى الجزء الطرفي من النصل ويتكون جزء جديد في موسم النمو من خلال نشاط المرستيم الواقعه عند قاعدة النصل بين النصل والسويقه .

التكاثر الجنسي في طحلب Laminaria

يتميز الطحلب بدورة حياة تتكون من جيلين عديدي الخلايا ويكون الجيل (النبات) المشيجي احادي المجموعة الصبغية ويكون على هيئة نبات خيطي مجهري الشكل ، اما الجيل (النبات) الجرثومي ثنائي المجموعة الصبغية وكبير الحجم ويحمل على سطحه حوافظ جرثومية وحيدة الغرف .

تُكوّن الحوافظ الجرثومية جراثيم سابحه بها سوطان جانبيان غير متساويان في الطول . تنقسم نواة الحافظة انقساماً إختزالياً وعند تحرر الجراثيم السابحه وانباتها فإنها تعطي نباتين مشيجين احدهما مذكر والاخر مؤنث ، والنباتات المشيجية المذكورة تكون اكثر تفرعاً عن النباتات المشيجية المؤنثة. تتكون في النباتات المذكورة الانثريدات وتعطي محتويات الانثريده سابحه ذكورية واحدة ، اما خلايا النبات المؤنث فقد تتحول جميعها الى اوجونات وتعطي كل اوجونه بيضه واحده تتحرر قبل الاخصاب خلال ثقب ضيق في قمتها . وبعد اخصاب البيضه بالسابحه الذكورية يتكون الزيجوت والذي يفرز حول نفسه غشاء رقيق ثم يبدأ في الإنبات وتكوين النبات الجرثومي دون أن يمر بفترة سكون.

ملخص دورة حياة طحلب Laminaria

ظاهرة تبادل الأجيال بين طور مشيجي صغير احادي المجموعة الصبغية وطور جرثومي ثنائي المجموعة الصبغية (٢ ن) لإنتاج الجراثيم ويختلف الطوران وراثياً

وظاهرياً . التكاثر الجنسي بيضي حيث توجد اوجونات وانثريدات . والبيضة لأتخصب داخل الوجودة ، ولكنها تخصب بعد تحررها من الوجودة وهي مازالت متصلة بجدارها. كما أن إنبات اللاقحة او الزيغوت يتم وهي مازال متصلة بالطور المشيجي المؤنث دون أن تنفصل عنه وتُعد هذه

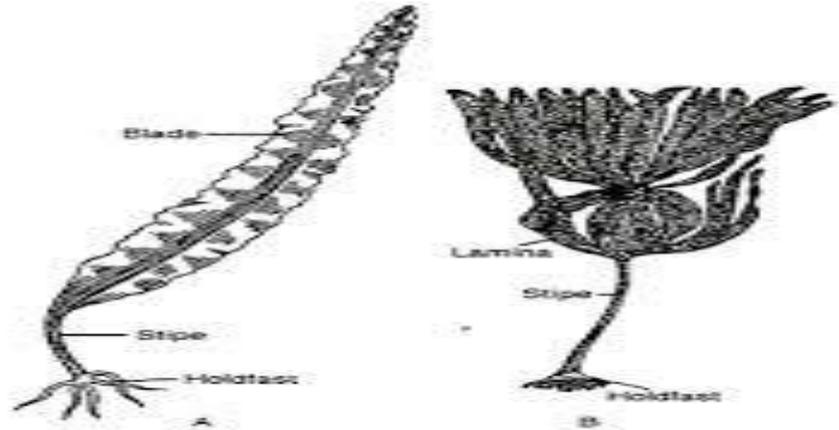
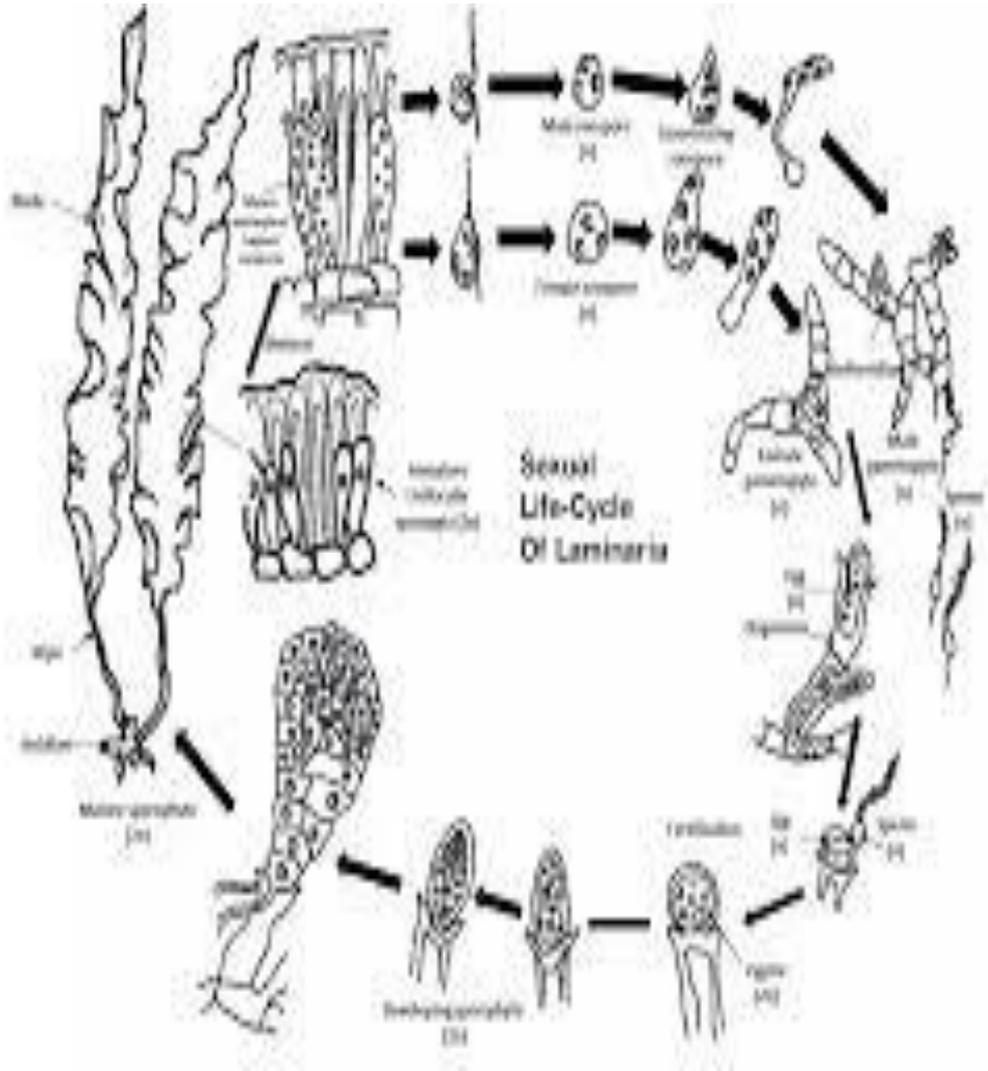


Fig. 3.123 : *Lamnaria* spp. plant body showing holdfast, stipe and blade. A. *L. saccharina* and B. *L. digitata*



٣- طحالب دائرية الأبواغ Cyclospora

في هذه الطائفة لا توجد ظاهرة تبادل الأجيال وتحتوي على رتبة واحدة فقط هي :

رتبة الفيوكالات Order : Fucales

رتبة الفيوكالات Order : Fucales

الفصيله الفيوكاليه Family : Fucaceae

مثال: طحلب الفيوكس Fucus

طحلب الفيوكس Fucus يشاهد طحلب فيوكس على السواحل الصخرية للبحر الأبيض المتوسط . الجسم الخضري لطحلب فيوكس شريطي متفرع تفرعا ثنائيا . يتميز جسم الطحلب الناضج إلى ثلاثة أجزاء ،

الجزء القاعدي ويعرف بالمثبت وهو قرصي الشكل ويقوم بتثبيت الطحلب على الصخور ،

يعلو الجزء القاعدي جزء شريطي يعرف بالسويقة *stipe* ، يتفرع في نهايته تفرعا ثنائيا معطيا المتورق *frond* ، ويلاحظ في منتصف السويقة وافرغ المتورق وجود عرق وسطي . بعض الأنواع تكون في الثالوس مثنات هوائية *air bladders* . تنتفخ قمم المتورق وتظهر عليها نقط كثيرة متقاربة عبارة عن فتحات الحوافظ الجنسية *conceptacles* .

يعمل قطاع عرضي في المتورق تظهر به ثلاثة أنسجة رئيسية من الخارج إلى الداخل كالآتي :

١- النسيج التمثيلي *assimilation tissue* ، وهي الطبقة السطحية التي تقوم أساسا بعمل التمثيل الضوئي وتتكون من خلايا صغيرة مضلعة ، تحتوي على بلاستيدات بكثرة ، وتغطي من الخارج بمادة جيلاتينية . ٢- القشرة *cortex* ، وتتكون من خلايا رقيقة الجدر أكبر من خلايا النسيج التمثيلي ، وفيها تخزن المواد الغذائية .

٣- النخاع *medulla* ، ويتكون من خلايا خيطية مفككة متشابكة تشغل مركز القطاع ويقوم هذا النسيج بتوصيل الغذاء إلى أجزاء الطحلب المختلفة . كما يوجد في منتصف السويقة والمتورق العرق الوسطي الذي يتكون من خلايا مغلظة وظيفتها التدعيم .

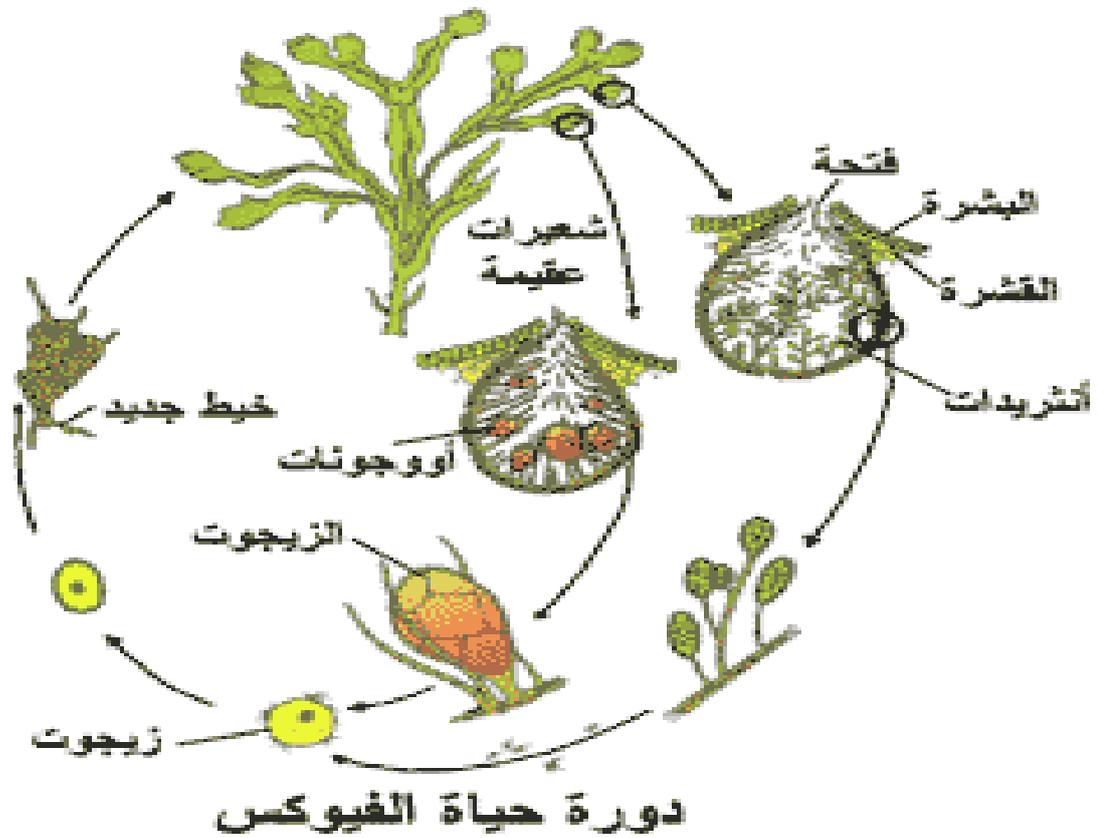
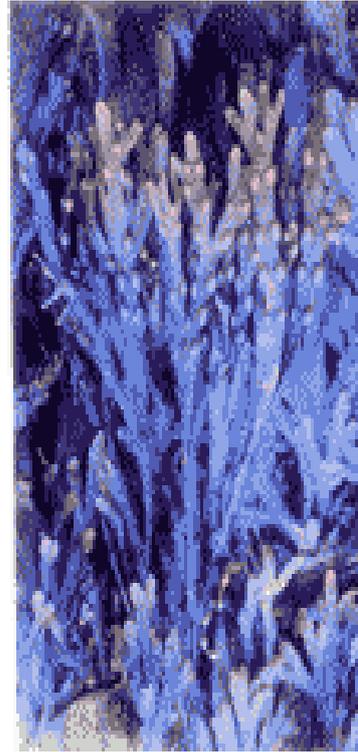
يحدث التكاثر الجنسي بالتزاوج البيضي ، وتتكون الأعضاء الجنسية في الحوافظ الجنسية . تتكون أعضاء التذكير وأعضاء التأنيث في حافظة جنسية واحدة في بعض الأنواع ، أو يتكون كل منهما في حافظة جنسية مستقلة في البعض الآخر . الحوافظ الجنسية كروية الشكل تقريبا وتفتح بفتحة للخارج وتحتوي على شعور عقيمة *paraphyses* بجانب احتوائها على الأعضاء الجنسية كما يبطن الجزء العلوي من الحافظة شعور عقيمة تسمى *periphyses* .

أعضاء التذكير صولجانية إلى بيضاوية الشكل ، وتحمل على أفرع خيطية كثيرة التفريغ . يحتوي عضو التذكير بداخله على ٦٤ جاميطة مذكرة *antherozoids* كمثرية لاشكل ذات سوطين جانبيين غير متساويين . يفتح جدار عضو التذكير ،

وتنطلق الجاميطات الذكرية في كتلة مغلقة بغشاء إلى فراغ الحافظة الجنسية ومنها خلال الفتحة إلى الخارج حيث تتحرر من الغشاء في ماء البحر .
أعضاء التأنيث تظهر كأجسام كبيرة كروية إلى بيضاوية ، تحمل كل منها على خلية ساقية stalk cell ، وتحتوي عند النضج على ثماني بيضات oospheres . ينفجر جدار عضو التأنيث وتنطلق البيضات مغلقة بغشاء إلى فراغ الحافظة الجنسية ، ومنها خلال فتحة الحافظة إلى ماء البحر حيث تتحرر من الغشاء .
تنجح جاميطة ذكرية في إخصاب بيضة ويتكون الزيجوت الذي ينمو إلى نبات جديد .

التكاثر

تكاثر بيضي لوجود الانثريدات والاولجونات وعند حدوث الاخصاب يحدث انقسام اختزالي اي عند تكوين السابحات الذكرية والبويضات ، ولا يحدث الاخصاب داخل الحوافظ الجنسية بل تتحرر الامشاج سواء المذكرة او المؤنثة الى الماء الخارجي .
عندما تنطلق السابحات الذكرية من خلال فتحة الحافظة الجنسية الى ماء البحر حيث تجذب كل بيضة عدداً كبيراً من السابحات الذكرية فتحيط بها ، وتقوم سابحة ذكرية واحدة فقط في اخصاب البيضة فتندمج النواتان وتتكون اللاقحة ثنائية المجموعة الصبغية والتي تفرز جداراً سميكاً حول نفسها ثم تهبط الى سطح الصخر فتلتصق به ، وتظل اللاقحة ساكنة لفترة قصيرة ثم تنبت مباشرة مكونة نباتاً جرثومي صغيراً لا يلبث ان ينمو ويتفرع ويعطي طحلباً جديداً .



الطحالب الحمراء (Rhodophyta)

تعتبر الطحالب الحمراء أكثر الطحالب غزارة في المحيطات الدافئة والبحار العميقة ، ويكون معظم أفرادها أعشاباً بحرية يطلق عليها اسم أعشاب البحر Sea weeds ، ومنها ما يتمتع بألوان وأشكال جميلة.

الصفات العامة للطحالب الحمراء

- تتكون الطحالب من خيوط بسيطة والقليل منها وحيد الخلية، وتتجمع الخيوط وتتماسك بأغلفة هلامية لتكون أشكالاً متفرعة أو مفلطحة، كما تكون بعضها تفرعات ريشية رقيقة لها أشكال فنية جميلة. تحتوى الطحالب الحمراء على الصبغ الأحمر فيكوارثرين phycoerythrin والصبغ الأزرق فيكوسيانين phycocyanin والكاروتين carotene والزانثوفيل xanthophyll بالإضافة الى صبغ الكلوروفيل الأخضر. وبذلك لونها من اللون الأحمر إلى البنفسجى.

- الغذاء المخزون في هذه الطحالب هو نوع من الكربوهيدرات المعقدة والشبيهة بالنشاء، ويعرف بالنشا الفلوريدي Starch Floridean الذي يتحول إلى اللون الأحمر عند إضافة اليود إليه.

توجد الطحالب الحمراء بكثرة في المياه البحرية في المناطق المعتدلة والاستوائية حيث تزيد في عددها على الطحالب الخضراء والطحالب البنية، وتنمو الطحالب الحمراء متصلة بالصخور أو النباتات البحرية الأخرى وتوجد عادة في المياه الأكثر هدوءاً والأكثر عمقاً تحت مناطق المد والجزر على أن هناك بعضها يعيش على أعماق أقل، ونظراً لوجود الصبغ الأحمر بها فإنها تستطيع أن تنمو على أعماق عميقة في البحر حيث تقل الإضاءة، ففي مياه المناطق الاستوائية وجدت الطحالب الحمراء على أعماق تصل في مداها إلى ٣٠٠ متراً والتي لا تصلها غير الموجات الزرق من ضوء الشمس.

الخصائص التكاثرية

من بين دورات الحياة فإن دورة حياة الطحالب الحمر من أعقد دورات الحياة في الطبيعة وأكثرها اختلافاً بصورة فريدة عن سائر الدورات، التكاثر الجنسي من النوع متباين الأمشاج ولكن المجموعة كلها تتميز بميزة بارزة هي افتقارها إلى خلايا تكاثرية مسوطة أو مهدبة وتنتج الحافظة المشيحية الأنثوية بصورة نموذجية بيضة كما تكون بروزاً طويلاً رفيعاً على هيئة شعيرة يسمى الترايكوجين *trichogyne* وعندما يحمل التيار سبرم إلى الترايكوجين فغنه يلتصق به ثم تدخل نواة السبرم بعد ذلك إلى الترايكوجين وتتحد بنواة البيضة لتكون الزايكوت، ويقدر يتعرض الزايكوت مباشرة إلى انقساماً ميوزياً أو لا يتعرض وذلك تبعاً للنوع، وتختلف الأنواع أيضاً فيما إذا كان هناك طوراً أو طورين خيطيين سبوريين قبل الوصول إلى الطور الخيطي المنتج للبيضة أو السبرم مرة أخرى.

المراجع

1- Sharma , O.P. (2007): A text book of algae,

2- Shishta, B.R., Sinha A.K. and Singh V.P. (2005): Botany for degree student's part-1 Algae.

د.حسين علي السعدي، د. نضال إدريس سليمان (٢٠٠٦): علم الطحالب Phycology. دار اليازوري العلمية. ٢٥٥ صفحة

د. جوزفين اتلدن ٢٠٠٣: أساسيات علم الطحالب

د. حسين العروسي و د. أسامة عبد الحميد المنوفى (٢٠٠٧) : النبات العام

د. عبد العزيز السعيد البيومي وآخرون: أساسيات علم النبات .

أسأل الله أن يكون قد وفقتم في تقديم النافع المفيد والله ولي التوفيق.

مع أطيب الأمنيات بالنجاح والتوفيق