

## الطحالب

### Algae

تنتشر الطحالب Algae في الطبيعة بشكل كبير فهي موجودة في جميع البيئات خاصة البيئة المائية كالمحيطات والبحار والأنهار والمياه الراكدة حيث يكون بعضها معلقاً ضمن الماء (عوالق نباتية Phytoplankton) وبعضها مثبتاً في القاع قرب الشواطئ (أعشاب بحرية Phytobenthose) ومنها ما يوجد في الينابيع الحارة وفي التربة الرطبة.

#### (١١،١) الخصائص العامة

١- تعتبر الطحالب نباتات ثالوسية Thallophyta حقيقية النوى، لا تمتلك جذوراً أو سيقاناً أو أوراقاً، بعضها وحيد الخلية ساكن أو متحرك بواسطة الأسواط، وبعضها الآخر عديد الخلايا تترتب فيه الخلايا على هيئة خيط مقسم أو غير مقسم أو على هيئة تراكيب معقدة كما هو الحال عند الأعشاب البحرية التي يصل طول بعضها لأكثر من ٦٠ متراً.

٢- يحيط بالخلية الطحلبية جدار يدخل السليلوز Cellulose والبكتين Pectin وسكريات معقدة أخرى في تركيبه الكيميائي، ويكون البكتين عند بعض الأنواع مشعباً

بمادة السيلكا كما هو الحال في الدياتومات Diatomac، أو ب كربونات الكالسيوم في الطحالب الكارية Charophyta مما يعطي للجدار قساوة عالية.

٣- تشترك الطحالب مع بعضها بأنها نباتات خضراء حاوية على أصباغ اليخضور Chlorophylls إضافة إلى أصباغ الزانثوفيلات Xanthophylls والكاروتينات Carotenes والبيليروتينات Biliproteins مما يمكنها من اقتناص الطاقة الضوئية للشمس والقيام بالبناء الضوئي وبناء احتياجاتها الغذائية من المواد الكربوهيدراتية اعتباراً من الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون.

٤- بالرغم من أن معظم الطحالب كائنات ذاتية التغذية Autotrophs، إلا أن بعض أجناسها يمكن أن تسلك مسلك الكائنات غير ذاتية التغذية Heterotrophs عند توفر المادة العضوية المناسبة لها في الوسط.

### (١١،٢) الأهمية الاقتصادية للطحالب

١- تعتبر الطحالب من أهم المنتجين الأولين للمادة العضوية على سطح الأرض و حلقة هامة في السلسلة الغذائية، فالفيتوبلانكتون Phytoplankton (الطحالب العالقة ضمن الماء) تشكل المصدر الغذائي الرئيس للأسمك و لأحياء مائية أخرى، كما أنها تُعطي الوسط المائي من خلال قيامها بالبناء الضوئي بغاز الأكسجين اللازم لتنفس الكائنات الحية.

٢- تعتبر بعض الطحالب الراقية كالطحالب الحمراء مصدراً غذائياً هاماً بالنسبة للإنسان، غنياً بالبروتين والفيتامينات وبعض العناصر المعدنية الهامة كالبيود والحديد والكالسيوم والفسفور. حيث يتم لدى سكان شرق آسيا تحضير ما يزيد عن ٧٠ نوعاً من الأطعمة (مثل نوري Nori، كمبو Kombu، سوشي Souchi وغيرها..) اعتباراً من الطحالب البحرية، ويضاف في اليابان مسحوق طحلب الكلوريللا

*Chlorella ellipsooides* إلى مشروب الشاي الأخضر ، كما ويضاف مسحوق طحالب جنس الأوسيلاتوريا *Oscillatoria* إلى الخبز من أجل زيادة محتواه البروتيني .

٣- يصنع الإنسان من مسحوق الطحالب المجففة عدداً من المواد الطبية والصناعية ، نذكر من هذه المواد :

- الألبينات *Algins* : ذات أهمية اقتصادية حيث تدخل في كثير من الصناعات الغذائية (المربيات، السمن، المايونيز، ...) والتجميلية (كريمات ومساحيق التجميل، معاجين الأسنان)، بالإضافة إلى استخدامات صناعية أخرى (مواد الطلاء، الصمغ، مواد الدباغة)

- الآجار *Agar* والكاراجين *Carrageen* : مادتان كربوهيدراتيتان غروبتان تستخرجان من الطحالب الحمراء، وتستخدمان في تحضير الأوساط الزرعية المخبرية للكشف عن البكتيريا، وتدخلان في صناعة المواد المثبتة للمستحلبات *Emulsions* والمعلقات *Suspensions*، ولذلك تدخلان في إعداد الأطعمة اللينة كالأيس كريم والمربيات، وفي تحضير بعض العقاقير الطبية و مواد التجميل ومعاجين الأسنان، وفي بعض الصناعات كصناعة النسيج والطباعة.

٤- تُستخدم بعض الطحالب كنباتات طبية لمعالجة بعض الأمراض، حيث تُستخدم طحالب الجنس سارجاسم *Sargassum* في معالجة اضطرابات الغدة الدرقية *Goiter* ، وطحالب الجنس جيلديوم *Gelidium* في علاج الاضطرابات الهضمية، (السراني وآخرون، ٢٠٠٠م).

٥- يُستخدم مسحوق هياكل الدياتومات *Diatomae* (معظمها طحالب بحرية) في عمليات الترشيح لما يتمتع به من خواص (مادة صلبة ناعمة خفيفة، مسامية عالية، عدم الذوبان في الماء) تمكنه من التحول إلى مادة خاملة لا تتأثر بالحرارة، وذات

كفاءة عالية في امتصاص المواد الملونة المصاحبة لعمليات تنقية السكر والنفط. كما يستخدم لقساوته ومساميته العالية في تحضير دهانات المعادن المختلفة ومعاجين الحشو والمواد العازلة الصناعية.

٦- يتم خلط مسحوق الطحالب المجففة مع أعلاف الحيوانات، حيث تبين أن العلف المجهز بهذه الطريقة يزيد من معدلات إنتاج البيض واللحم لدى الدجاج بنسبة ٧٪، كما يزيد من إدرار الحليب لدى الماشية.

٧- يستفاد من الطحالب البحرية في صناعة وتخصير الورق، حيث تم في مدينة البندقية الإيطالية عام ١٩٩٢م تحقيق إنجاز كبير تجسد في تحويل الطحالب البحرية إلى ورق شبيه بالورق المصنوع من السليلوز، إنما ذلون أخضر باهت ومبقع.

٨- وبالمقابل فإن زيادة أعداد بعض الطحالب بشكل هائل في الوسط المائي (ظاهرة الازهار المائي Water blooms) تسبب في هلاك الأسماك وبقية الكائنات المائية لسببين:

(أ) نقص الأكسجين المنحل ضمن الماء بسبب تناقص معدلات البناء الضوئي لدى الطحالب ذاتها نتيجة حجبتها للضوء بفعل تزاممها الشديد، إضافة إلى استهلاكها لهذا الغاز أثناء تنفسها.

(ب) إفراز بعض الطحالب كطحلب جونيولاكس *Gonyaulax sp.* (من الطحالب البيرية Pyrophyta=Dinophyta) لذيوانات ومواد سامة (ظاهرة المد الأحمر Red tides) تؤدي إلى قتل الأسماك وغيرها من الكائنات المائية.

### (١١،٣) دورة حياة الطحالب

تمر الطحالب التي تتكاثر جنسياً بأنماط مختلفة من دورات الحياة، حيث تقوم الخلايا الجسمية للطحلب بإنتاج أمشاج Gametes تناسلية قد تكون متشابهة أو متباينة

(مذكرة وموئثة). تنشأ الأمشاج المتباينة من حوافظ مشيجية مذكرة (أثريدات Antheridia) أو من حوافظ مشيجية مؤنثة (أوجونات Oogonia).

يتم الإخصاب عن طريق التقاء مشيج ذكري (١n) سابح أو ساكن مع مشيج انثوي (٢n) (بيضة Ovum) ساكن لتنشأ البيضة الملقحة (اللاقحة Zygote)، التي تكون ثنائية المجموعة الصبغية (٢n). تتحرر البيضة الملقحة من الأوجنة، وتنمو لتعطي مباشرة فرداً جديداً عند بعض الطحالب، بينما تنقسم هذه البيضة اختزالياً Meiosis عند طحالب أخرى معطية عدداً من الخلايا أحادية المجموعة الصبغية (١n) التي ينمو بعضها أو كلها لتعطي أفراداً جديدة.

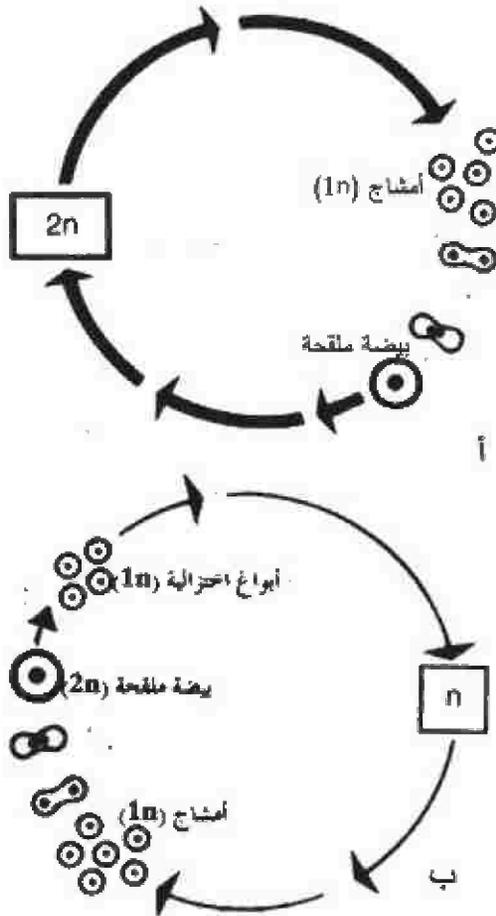
استناداً إلى ما تقدم يمكننا أن نميز عدة أنماط من دورات حياة الطحالب:

١ - تنمو البيضة الملقحة (٢n) لتعطي طحلباً (نبات بوغي) ذا خلايا جسمية ثنائية المجموعة الصبغية (٢n) Diploid يشكل معظم دورة حياة الطحلب. يعطي هذا النبات أمشاجاً (١n) Gametes لفترة قصيرة، لا تلبث أن تتحد لتعطي بيضة ملقحة (٢n)، الشكل رقم (١١،١ أ).

٢ - تنقسم البيضة الملقحة (٢n) اختزالياً Meiosis فور تشكلها، لتعطي أبواغاً مختزلةً Meiospores أحادية المجموعة الصبغية (١n) Haploid، ينمو كل من الأبواغ المختزلة أو بعضها ليعطي طحلباً (نبات مشيجي) ذا خلايا أحادية المجموعة الصبغية (١n)، يشكل هذا النبات معظم دورة حياة الطحلب، و يعطي أمشاجاً (١n) Gametes، تتحد مع بعضها مشكلة البيضة الملقحة (٢n) التي توجد لفترة قصيرة من دورة حياة الطحلب، الشكل رقم (١١،١ ب).

٣ - تنمو البيضة الملقحة (٢n) لتعطي طحلباً (نبات بوغي) ذا خلايا جسمية (٢n) يسمى بالطور البوغي Sporophyte. يعطي الطور البوغي أبواغاً مختزلةً Meiospores (١n) تنمو لتعطي نباتاً مشيجياً (١n) يسمى بالطور المشيجي Gametophyte. يعطي الطور

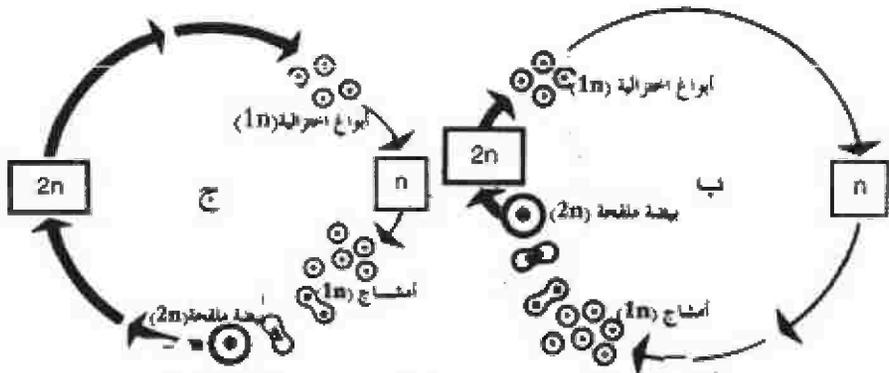
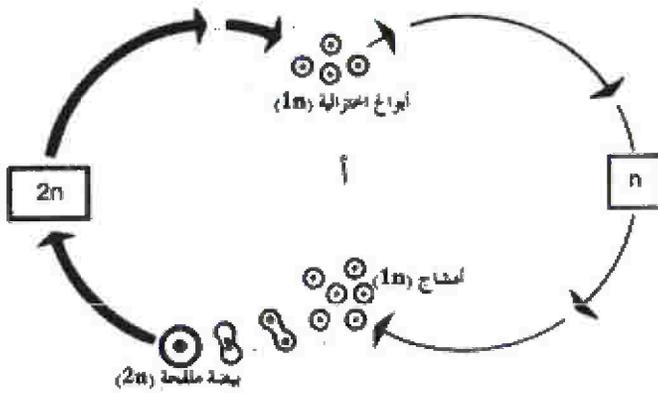
المشيحي أمشاجاً ( $1n$ ) Gametes، لا تلبث أن تتحد مشكلة البيضة الملقحة ( $2n$ ). يكون الطوران البوغي والمشيحي متبادلين خلال دورة حياة الطحلب، وهذا ما يعرف بظاهرة تبادل الأجيال Alternation of generations، وهما إما متساويان في وجودهما، أو يسود أحدهما على الآخر، الشكل رقم (١١،٢).



الشكل رقم (١١، ١). دورة حياة الطحالب.

(أ) دورة حياة طحلب ثنائي المجموعة الصبغية ( $2n$ ) Diploid

(ب) دورة حياة طحلب أحادي المجموعة الصبغية ( $1n$ ) Haploid



الشكل رقم (١١،٢). دورة حياة الطحالب ذات الأجيال المتبادلة

(أ) الجيلان البوغي والمشيحي متساويان، (ب) الجيل المشيحي سائد على البوغي

(ج) الجيل البوغي سائد على المشيحي

(١١،٤) تقسيم الطحالب

يضع بعض العلماء الطحالب وحيدة الخلية ذات الأسواط مع مجموعة الحيوانات السوطية وحيدة الخلية ضمن مملكة بروتستستا Protista، بينما توضع الطحالب

عديدة الخلايا في مملكة النباتات. تؤدي طريقة التقسيم هذه إلى تشتيت الطحالب في مملكتين، لذا ومن أجل أن تكون الطحالب مجتمعة مع بعضها البعض يعتمد هذا الكتاب مبدأ التقسيم الذي اقترحه مارجوليس وآخرون (Margulis et al., ١٩٩٠) والذي يستند إلى التقسيم الخماسي للممالك المقترح من قبل وايتكر (Whittaker, ١٩٦٩) من جهة، وينص على أن مملكة بروتوستا تتضمن أيضاً الطحالب الراقية إلى جانب الطحالب وحيدة الخلية من جهة أخرى، إضافة إلى مجموعة كبيرة من الكائنات النباتية والحيوانية التي تحتوي على نوى حقيقية محددة بأغشية نووية وحاوية بداخلها على سائل نووي ونويات وأحماض نووية. لقد تم اعتماد هذا التصنيف، وجرى وضع الطحالب ضمن مملكة الطلائعيات (Protista) أيضاً في بعض المراجع العلمية العربية الحديثة، ومنهم (جبر وآخرون، ٢٠٠١م؛ عثمان وآخرون، ٢٠٠٠م).

أما الطحالب الدنيا فهي تمثل نباتات بدائية النوى، أي أن النواة تكون فيها غير محددة بغشاء نووي، كما أن هذه الطحالب لا تتكاثر جنسياً، وتفتقر إلى بلاستيدات خضراء Chloroplasts ذات شكل محدد. يشار إلى الطحالب الدنيا أحياناً باسم الطحالب الزرقاء المخضرة Cyanophyta إلا أنها تسمى حديثاً بالبكتيريا الزرقاء Cyanobacteria، وتوضع الآن مع البكتيريا في مملكة البدائيات (Monera). لقد سبق التطرق إلى التشابه بين البكتيريا الزرقاء (السيانية) مع البكتيريا بعدة أوجه، ويعتبر غياب الغشاء النووي عند كليهما أهم هذه الأوجه، لذا يطلق على المجموعتين اسم بدائيات النوى Prokaryotae، تمييزاً لهما عن الكائنات حقيقية النوى Eukaryotae. يستند تقسيم الطحالب في هذا الكتاب إلى التصنيف الذي طوره فان دنهوك (Van den Hoek et al., ١٩٩٣)، مع بعض التعديل والإيجاز والأخذ بعين الاعتبار تصنيف مارجوليس (١٩٩٠م)، تصنف الطحالب الحقيقية وفقاً لتقسيم فان دنهوك إلى تسعة أقسام وعدداً من الفصائل، كما في الجدول (١١،١) الآتي:

الجدول رقم (١١, ١). أقسام الطحالب الحقيقية وفصائلها مع بعض الأمثلة عن كل فصيلة.

القسم	الفصيلة	أمثلة لبعض الأجناس
١. Glaucophyta	Glaucophyceae	<i>Cyanophara sp.</i>
٢. Rhodophyta	١. Bangiophyceae	<i>Porphyra</i> , <i>Porphyridium</i>
	٢. Florideophyceae	<i>Polysiphonia</i> , <i>Nemalion</i>
٣. Heterokontophyta	١. Chrysophyceae	<i>Ochromonas</i> , <i>Chrysoisphaera</i>
	٢. Xanthophyceae	<i>Tribonema</i> , <i>Vaucheria</i>
	٣. Eustigmatophyceae	<i>Polyedriella</i> , <i>Nannochloropsis</i>
	٤. Bacillariophyceae	<i>Navicula</i> , <i>Pinnularia</i> , <i>Nitzschia</i>
	٥. Raphidophyceae	<i>Goniostomum</i> , <i>Fibrocapsa</i>
	٦. Dictyochophyceae	<i>Dictyochea</i>
	٧. Phaeophyceae	<i>Ectocarpus</i>
	٨. Pasmophyceae	<i>Laminaria</i>
	٩. Sarcinochrysidophyceae	<i>Fucus</i>
٤. Haptophyta	Haptophyceae	<i>Pleurochrysis</i> , <i>Corymbellus</i>
٥. Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Cryptomonas</i> , <i>Chroomonas</i>
٦. Dinophyta	Dinophyceae	<i>Ceratium</i> , <i>Peridinium</i>
٧. Euglenophyta	Euglenophyceae	<i>Euglena</i>
٨. Chlorarachniophyta	Chlorarachniophyceae	
٩. Chlorophyta	١. Parsinophyceae	<i>Nephroselmis</i> , <i>Tetraselmis</i>
	٢. Chlorophyceae	<i>Chlamydomonas</i> , <i>Chlorella</i>
	٣. Ulvophyceae	<i>Ulva</i> , <i>Monostrama</i> , <i>Ulothrix</i>
	٤. Cladophorophyceae	<i>Cladophora</i> , <i>Chaetomorpha</i>
	٥. Bryopsidophyceae	<i>Bryopsis</i> , <i>Derbesia</i> , <i>Codium</i>
	٦. Dasycladophyceae	<i>Acetabularia</i> , <i>Neomeris</i>
	٧. Trentepohliophyceae	<i>Trentepohlia</i>
	٨. Pleurastrophyceae	<i>Trebouxia</i> , <i>Friedmannia</i>
	٩. Klebsormidiophyceae	<i>Chlorokybus</i> , <i>Coleochaete</i>
	١٠. Zygnematophyceae	<i>Spirogyra</i> , <i>Zygnema</i>
	١١. Charophyceae	<i>Chara</i> , <i>Nitella</i>

من الملاحظ في الوقت الحاضر تعدد طرق تقسيم الطحالب أيضاً ضمن مجموعاتهما بين الباحثين والمراجع المختلفة، وذلك بسبب التنوع الهائل لدى هذه النباتات، إضافة إلى اختلاف وتعدد المعايير التي يستند إليها كل باحث في عملية التصنيف، نذكر من هذه المعايير ما يأتي:

١- بحسب اللون الذي تحمله الأنواع الطحلبية، فهناك قسم الطحالب الحمراء Rhodophyta، وقسم الطحالب الخضراء Chlorophyta، وفصيلة الطحالب البنية Phaeophyceae، وفصيلة الطحالب الصفراء Xanthophyceae، وفصيلة الطحالب الذهبية Chrysophyceae.

٢- بحسب نوعية وتركيب أصباغ البناء الضوئي التي تُفيد في امتصاص الضوء ضمن الخلايا الطحلبية، الجدول (١١،٢).

٣- بحسب طبيعة المواد الغذائية الاذخارية المخزنة ضمن الخلية والناجمة عن عملية البناء الضوئي.

٤- بحسب التركيب الكيميائي للمواد الداخلة في تركيب الجدار الخلوي إن وجد.

٥- بحسب طريقة التكاثر ودورة الحياة.

٦- بحسب مجموعة من الحقائق التركيبية والتشريحية للخلية الطحلبية مثل: وجود أو غياب الأسواط، تركيب السوط وقاعدته، طريقة ترتيب الثايلاكويدات Thylakoids ضمن البلاستيدات الخضراء، وجود أو غياب غشاء يحيط بالبلاستيدات،..... الخ

يبين الجدول رقم (١١،٢) مقارنة بسيطة بين أقسام وفصائل طحلبية مختلفة وذلك وفقاً لبعض المعايير المذكورة آنفاً:

الجدول رقم (١١،٢). خصائص بعض المجموعات الطحلبية.

القسم أو الفصيلة	أصباغ البناء الضوئي *	المادة الإذخارية	المكونات الرئيسية للجدار الخلوي	الأسواط **	الوسط البيئي
الكرية Cryptophyta	كلوروفيل أ، ج فيكوسيانين فيكوارثرين	نشاء	لا يوجد جدار	٢ أمامية	مياه مالحة مياه عذبة
الدينية Dinophyta	كلوروفيل أ، ج بيريدينين	نشاء	سليولوز، غيب الجدار أحياناً	٢ (أمامية وجانبية)	مياه مالحة مياه عذبة
اليوجلينية Euglenophyta	كلوروفيل أ، ب	باراميلون	لا يوجد جدار	٢ أمامية	مياه عذبة مياه مالحة أرضية
المتغايرة / الذهبية Chrysophyceae	كلوروفيل أ، ج	كريزولام ينارين	سليولوز، بكتين سيليكات	٢ أمامية	مياه عذبة مياه مالحة أرضية
المتغايرة / الصفراء Xanthophyceae	كلوروفيل أ، ج	كريزولام ينارين	سليولوز	٢ أمامية	مياه عذبة مياه مالحة أرضية
المتغايرة / الدياتومات Bacillariophyceae	كلوروفيل أ، ج	كريزولام ينارين	لا يوجد جدار ترسبات سيليكات	١ أمامية	مياه عذبة مياه مالحة
المتغايرة / البنية Phaeophyceae	كلوروفيل أ، ج	كريزولام ينارين	سليولوز، ألجين	٢ أمامية	مياه مالحة مياه عذبة
الحمراء Rhodophyta	كلوروفيل أ فيكوسيانين فيكوارثرين	نشاء فلورايد كاراجين	سليولوز، بكتين كاليسيوم، كاراجين	لا يوجد	مياه مالحة مياه عذبة

تابع الجدول رقم (١١،٢).

القسم أو الفصيلة	أصباغ البناء الضوئي *	المادة الإدرخارية	المكونات الرئيسية للجدار الخلوي	الأمسواط **	الوسط البيئي
الخنضراء / الخنضراء Chlorophyceae	كلوروفيل أ، ب	نشاء	سليولوز، بكتين	٢-٨ أمامية	مياه عذبة
الخنضراء / الأولفية Ulvothyceae	كلوروفيل أ، ب	نشاء	سكريات متعددة ؟	٢-٤ أمامية	مياه مالحة أرضية
الخنضراء / الكارية Charophyceae	كلوروفيل أ، ب	نشاء	سليولوز، كالسيوم	٢ أمامية	مياه عذبة

- ♦ إضافة إلى الأصباغ اليخضورية والأصباغ الفيكوبيليروتينية المسجلة في هذا الجدول تحتوي جميع الطحالب على أصباغ كاروتينية وأخرى زانثوفيلية.
- ♦ عدد الأمسواط عند الخلايا الجسمية أو الجسمية (الأمشاج = الجامينات).

## (١١،٥) الطحالب الدياتمية (البيرية)

**Dinophyta (Pyrrophyta)**

يحتوي هذا القسم على حوالي ٤٠٠٠ نوع موزعة ضمن ١٣٠ جنساً، ولكن أقل من نصف عدد هذه الأنواع يعتبر معاصراً، بينما تم العثور على هياكل لبقية الأنواع على هيئة أحافير (مستحاثات) في الصخور الرسوبية التي تعود إلى العصر الترياسي (قبل ٢٣٠ مليون سنة)، و أحياناً إلى العصر ما قبل الكامبري (قبل ٦٠٠ مليون سنة).

يعيش حوالي ٩٠٪ من الطحالب الدياتمية في البحار على هيئة عوالق نباتية Phytoplankton والقليل منها يعيش في المياه العذبة، كما أن أنواعاً قليلة من هذه الطحالب تعيش متطفلة على بعض الحيوانات اللافقارية.

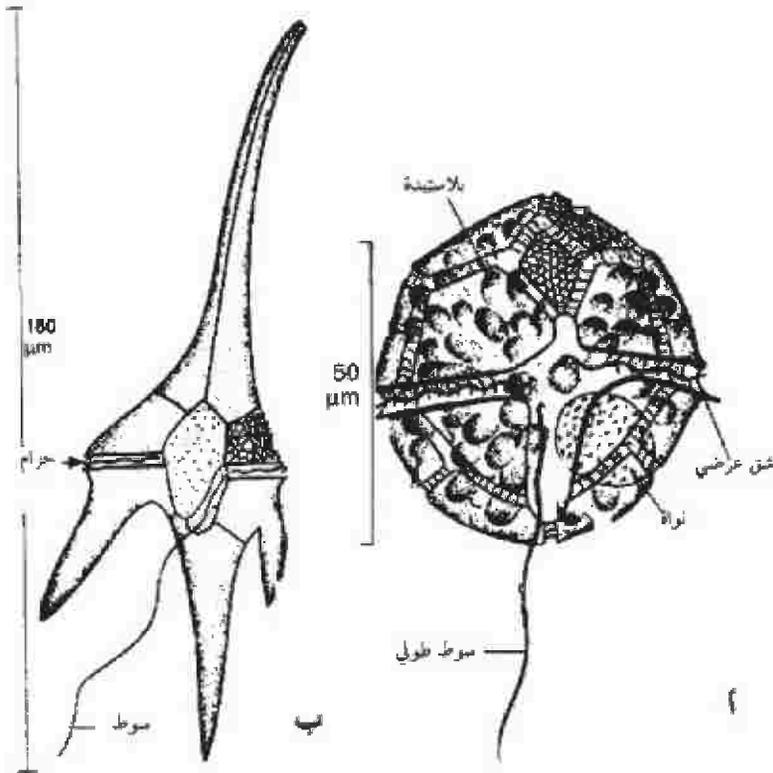
## (١١,٥,١) أهم الخصائص العامة

١- تعتبر هذه الطحالب كائنات وحيدة خلية قد يغيب الجدار الخلوي لدى بعضها، إلا أن معظمها يكون محاطاً بجدار خلوي ذي طبيعة سليولوزية - كلسية على هيئة درع قاس مقسم إلى صفائح صغيرة. تتجمع الصفائح حول الخلية في نصفين، أحدهما علوي ويدعى إبيكون Epiconc، والآخر سفلي ويدعى هيبوكون Hypoconc، يفصل بينهما الانحماص عرضي. يفيد شكل وطريقة ترتيب الصفائح في الدرع في التمييز بين الأنواع والأجناس المختلفة لهذه الطحالب. كما يعتبر الدرع القاسي ذو أهمية بالغة ليس فقط للخلايا الطحلبية بل أيضاً لحيوانات المرجان (من الحيوانات الجوفمعوية) التي يمكن أن تعيش مع الطحالب الدينوية معيشة تكافلية مستفيدة من الدرع في بناء هيكلها الكلسي وتشكيل الشعاب والجزر المرجانية.

٢ - تتحرك الخلايا الطحلبية بواسطة سوطين يمتد أحدهما بشكل طولي إلى الخلف، ويفيد في دفع الخلية إلى الأمام، بينما يتوضع الآخر بشكل عرضي ضمن الانحماص العرضي للدرع، ويفيد في دوران الخلية حول نفسها، الشكل رقم (١١,٣).

٣- يمثل حوالي ٥٠٪ من هذه الطحالب كائنات ذاتية التغذية تقوم بالبناء الضوئي، وتحتوي على بلاستيدات خضراء محاطة بغشاء ثلاثي الطبقات، توجد في داخلها الأغشية الثايلاكويدية Thylakoids على هيئة تكدسات Lamella ثلاثية. إلا أن بقية هذه الطحالب غير ذاتية التغذية عديمة البلاستيدات الخضراء، ويتغذى بعضها بطريقة البلعمة Phagotroph عن طريق إدخال الجزيئات الغذائية إلى الفجوة الهاضمة للخلية الطحلبية، كما هو الحال في النوع نوتيلوكا سينتيلانس *Notiluca scintillans*

الذي يتغذى على الدياتومات والعوالق النباتية والحيوانية وعلى بعض بيوض الأسماك.



الشكل رقم (١١،٣). تركيب الخلية عند الطحالب البيريدينية

(أ) طحلب بيريدينيوم *Peridinium cinctum*.

(ب) طحلب سيراتيوم *Ceratium hirundinella*.

٤— تحتوي بلاستيدات الخلايا الطحلبية التي تقوم بالبناء الضوئي على صبغ

زانتوفيلي هو البيريدنين *Peridinin*، إلى جوار كل من الكلوروفيل أ، ج *Chlorophylls*

a, c، والكاروتينين  $\beta$ -Caroten، إلا أن لون البيريدينين والكاروتين يطغيان في معظم الأحيان على ألوان بقية الأصباغ، لذا تأخذ هذه الطحالب لوناً بديلاً ذهبياً.

٥- تترافق عملية البناء الضوئي مع إنتاج النشاء كمادة ادخارية توجد في سيتوبلازم الخلية على هيئة حبيبات البيرنويد Pyrenoid ضمن الخلية، إلى جوار الدهون التي تبدو على هيئة قطيرات في سيتوبلازم الخلية.

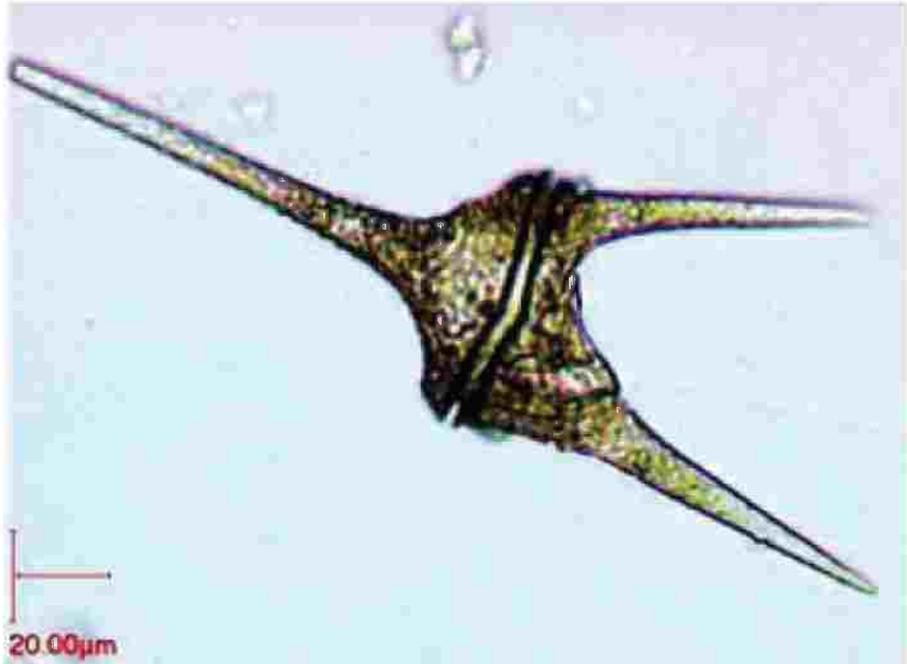
٦- تتكاثر بعض أنواع الطحالب الدينوية عند توفر الظروف المناسبة بشكل كبير (تكاثر انفجاري)، مسببة ظاهرة المد الأحمر Red tide، حيث تبدو مياه البحر ذات لون أحمر متألق ناجم عن تمتع الخلايا الطحلبية بخاصية التفسفر Phosphorescent، إذ تشع وميضاً أحمر يجعلها مميزة بوضوح في الليل في مياه البحر.

تعتبر ظاهرة المد الأحمر خطيرة جداً على البيئة البحرية، لأن هذه الطحالب ومنها طحلب *Protogonyaulax catenella* تفرز ذيفانات (مثل Neosaxitoxin Saxitoxin)، تؤدي إلى تسمم كبد الأسماك التي تتغذى على هذه الطحالب وكذلك تسمم بعض الرخويات الحيوانية البحرية كالمحار مما يؤدي إلى موتها. لذا لا يُنصح بصيد وتناول المحار أو الأسماك أو بقية الكائنات البحرية التي تتغذى على العوالق النباتية الدينوية من المناطق البحرية التي تنتشر فيها هذه الظاهرة، (الفالخ وعباش، ١٤٢٤هـ).

٧- تتكاثر معظم الطحالب الدينوية Dinophyta لاجنسياً عن طريق الانشطار الثنائي البسيط من منطقة الانخمصاص العرضي. يتكاثر جنس الطحلب بيريدينيوم *Peridinium* عن طريق انقسام الخلية الأم إلى خليتين داخل الدرع، ثم لا تلبث الخليتان الوليدتان أن تغادرا الدرع إلى الوسط الخارجي لتبدأ كل منهما بتشكيل درع كامل جديد يحيط بها. بينما تتكاثر طحالب الجنس سيراتيوم *Ceratium* مع الاحتفاظ

بدرعه القديم، حيث تنشط الخلية في منطقة الانخماص العرضي إلى قسمين، ويتم كل قسم جديد ما ينقصه من نصف الدرع.

٨ — يحدث التكاثر الجنسي عند بعض أنواع الطحالب الدبوية Dinophyta=Pyrophyta عن طريق الاندماج بين أمشاج متحركة متماثلة شكلياً (جاميتات متشابهة Isogametes) مختلفة فسيولوجياً (مذكرة ومؤنثة)، كما هو الحال عند طحالب الجنس سيراتيوم *Ceratium*، الشكل رقم (١١،٤)، أو عن طريق اندماج أمشاج متحركة مختلفة شكلياً وفسيولوجياً (جاميتات متغايرة Heterogametes)، كما هو الحال عند طحالب الجنس جلينودينيوم *Glenodinium sp.*



الشكل رقم (١١،٤). الشكل العام المكبر لطحلب السيراتيوم *Ceratium sp.* تحت المجهر (نقلاً عن الفالح وعياش، ١٤٢٤هـ).

## Englenophyta الطحالب اليوجلينية

يضم هذا القسم حوالي ٤٠ جنساً وأكثر من ٨٠٠ نوع تعيش في المياه العذبة وخاصة تلك الغنية بالمواد العضوية أو على التربة الرطبة جداً الحاوية على مخلفات عضوية، كما هو الحال في حقول الأرز المشبعة بالماء، أو في البرك ونادراً في المستنقعات الملحية.

## (١١,٦,١) أهم الخصائص العامة

١— يشتمل هذا القسم على كائنات وحيدة خلية عديمة الجدار الخلوي، تتحرك بواسطة الأسواط التي تكون في الناحية الأمامية من الخلية. تبدو الخلية مغزلية الشكل متطاولة قليلاً، وتحتوي عادة على سوطين، أحدهما طويل بارز إلى الخارج والآخر قصير ويوجدان في مقدمة الخلية.

٢— تعتبر معظم الطحالب اليوجلينية كائنات ذاتية التغذية، حيث تحتوي الخلية على بلاستيدات خضراء Chloroplasts تحتوي بداخلها على تكديسات Lamella ثلاثية الأغشية الثايلاكويدية Thylakoids.

٣— تحتوي الخلية الطحلبية على بقعة عينية توجد في مقدمة الخلية إلى جوار السوط الطويل. تبدو هذه البقعة برتقالية اللون، وتتألف من مجموعة من الحبيبات الغنية بالأصبغة الكاروتينية.

٤— تحتوي الخلية الطحلبية على أصباغ البناء الضوئي التالية: كلوروفيل أ، ب Chlorophylls a,b، كاروتينات Carotens، زانثوفيلات Xanthophylls، ويطغى لون الكلوروفيل على ألوان بقية الأصباغ؛ لذا تبدو الخلية خضراء اللون.

٥- تترافق عملية البناء الضوئي مع إنتاج سكريات متعددة (باراميلون Paramylon) تتجمع على هيئة حبيبات ادخارية تدعى بالأجسام الباراميلونية Paramylon bodies.

### (١١،٦،٢) طحلب اليوجلينا *Euglena sp.*

ينتشر هذا الطحلب في المياه العذبة الغنية بالمخلفات العضوية، وتبدو الخلية الطحلبية مغزلية الشكل عريضة قليلاً من الأمام ومدببة من الخلف. يوجد في مقدمة الخلية الخنماص ضيق يسمى المري Gullet ينتهي بخزان متسع Reservoir، الشكل رقم (١١،٥).

يحتوي الخزان على سوط قصير وقاعدة لسوط آخر طويل يخرج عبر المري ويعمل على تسهيل حركة الخلية الطحلبية. نجد بجوار الخزان بقعة عينية Eye spot تفيد في توجيه الخلية إلى الضوء. تتميز البروتوبلازم الخلوية إلى منطقتين:

١- منطقة محيطية تدعى البريلاست Periplast: وتكون مخططة ومرنة وكثيفة،

تقوم مقام الجدار الخلوي فتكسب الخلية شكلها المؤقت.

٢- بروتوبلازم أساسية: تحتوي على بقية مكونات الخلية، حيث توجد فيها

نواة كبيرة تشغل مركز الخلية وبلاستيدات خضراء قرصية أو عدسية الشكل.

تعتبر معظم أنواع هذا الجنس ذاتية التغذية Autotrophs، إلا أن بعض الأنواع

يمكنها أن تعيش معيشة رمية إذا توفرت المادة العضوية السكرية في الوسط، ثم لا تلبث

أن تستعيد مقدرتها على البناء الضوئي مع توفر الضوء وغياب المادة السكرية. تستطيع

بعض أنواع هذا الجنس ابتلاع المواد الغذائية الصلبة ويتم طرح الفائض عن حاجة

الخلية عبر فجوة أو فجوتين انقباضيتين توجدان في مقدمة الخلية إلى جوار الخزان.

إن وجود البقعة العينية وغياب الجدار الخلوي وشمط التغذية الغير ذاتية لدى بعض أنواع هذا الطحلب تجعل من هذا الكائن قريباً من السوطيات الحيوانية وحيد الخلية، لكن وجود البلاستيدات الخضراء وشمط التغذية الذاتية لدى معظم أنواعه يجعله يميل باتجاه الكائنات النباتية. استناداً إلى ما تقدم وإلى غيرها من الخصائص يبقى الوضع التصنيفي لليوجلينا في حالة تجاذب بين العالمين الحيواني والنباتي.

#### (١١,٦,٢,١) التكاثر

لم يتم التعرف على تكاثر جنسي عند اليوجلينا. تتكاثر خلايا هذا الطحلب لاجنسياً بطريقة الانقسام المباشر الطولي، ويتم ذلك عن طريق انقسام النواة أولاً انقساماً خيطياً إلى نواتين يعقبه تشكل شق طولي في الخلية يبدأ من المنطقة الأمامية (من الخزان مباشرة) بحيث يكون السوط الطويل على إحدى جهتيه والسوط القصير في الجهة الأخرى. يستمر انشقاق الخلية بشكل طولي حلزوني حتى يصل إلى النهاية الخلفية المدببة مؤدياً إلى انقسام الخلية إلى خليتين تحمل كل منهما سوطاً، ثم لا تلبث كل خلية بعد ذلك بتشكيل سوط آخر إلى جوار الأول، الشكل رقم (١١,٦).

#### (١١,٧) الطحالب متغايرة الأسواط Heterokontophyta

يشتمل هذا القسم على عدد كبير من الأجناس التي تتوزع ضمن تسع فصائل

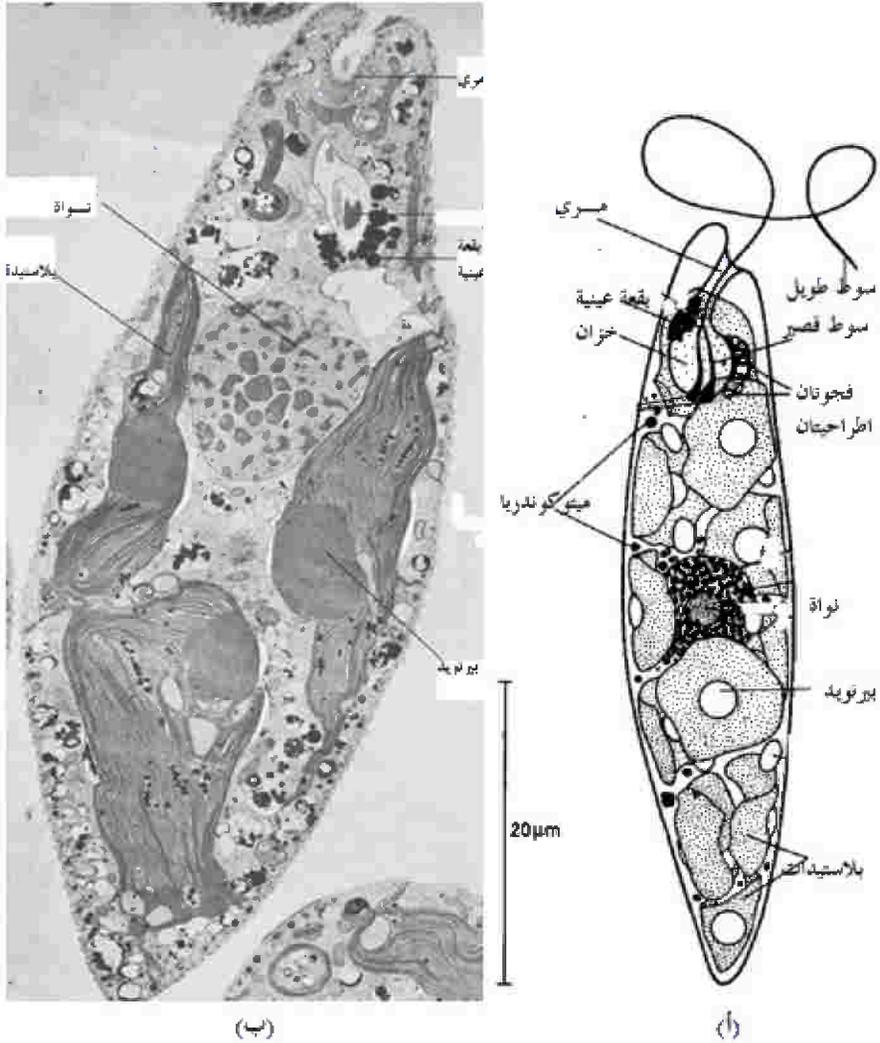
هي:

١ - الطحالب الذهبية Crysophyceae

٢ - طحالب Parmophyceae

٣ - طحالب Sarcinophyceae

٤ - الطحالب الصفراء Xanthophyceae



الشكل رقم (٥، ١١). طحلب اليوجلينا *Euglena sp.*

(أ) رسم تخطيطي (ب) صورة فوتوغرافية

(نقلًا عن القامح وعياش، ١٤٢٤هـ -)



(ج)

(ب)

(أ)

الشكل (٦، ١١). بعض مراحل الانشطار الطولي المباشر عند طحلب اليوجلينا *Euglena sp.* (نقلًا عن الفالغ وعياش، ١٤٢٤هـ).

٥ - طحالب Eustigmatophyceae

٦ - الطحالب الدياتومية Bacillariophyceae (Diatomae)

٨ - طحالب Raphidophyceae

٩ - الطحالب البنية Phacophyceae

على الرغم من تنوعها الهائل تشكل الطحالب متغايرة الأسواط قسماً مستقلاً ضمن مملكة بروتوستا Protista. تشترك جميع هذه الطحالب في أن خلاياها المتحركة (جسمية أو جنسية) تتحرك بواسطة سوط وحيد أو بواسطة سوطين متغايرين شكلياً وتركيبياً، ينبثقان من مقدمة الخلية، يكون أحد السوطين طويلاً متجهاً إلى الأمام

ويأخذ شكلاً ريشياً (مزوداً بصفين من الأوبار الصغيرة)، بينما يكون الآخر قصيراً أملساً يتجه نحو الخلف.

لا يعتبر وجود وتركيب السوط أو السوطين هي الخاصية الوحيدة التي تجمع الأنواع المختلفة لهذا القسم، بل هناك أيضاً خاصية التشابه الشديد في الصفات البيوكيميائية وفي البنية الدقيقة للخلايا. لقد تبين حديثاً بنتيجة تجارب الوراثة الجزيئية Molecular Genetics والمناعة Immunology أن هناك تشابهاً شديداً في الأساس الوراثي والبنية للعديد من العضيات الخلوية وخاصة الرايبوزومات Ribosomes بين أنواع مختلفة من قسم الطحالب متغايرة الأسواط. إضافة إلى ذلك هناك بعض الدراسات التي تشير إلى ضرورة ضم بعض المجموعات الفطرية، كالفطريات البيضية Oomycetes، إلى هذا القسم وذلك بسبب التشابه الكبير في بنية الأسواط عند هذه الفطريات مع الأسواط الموجودة عند طحالب هذا القسم. كما بينت الدراسات المجراة على الجنس أوكرومونات *Ochromonas* (طحلب ذاتي التغذية من الطحالب متغايرة الأسواط الذهبية)، وعلى الجنس أشيلا *Achlya* (فطر غير ذاتي التغذية من الفطريات البيضية) أن هناك تماثلاً في التتابع الوراثي النيكلوتيدي لوحداث (-١٨٥ rRNA) للرايبوزومات عند كلا النوعين، (Van den Hoek et al., ١٩٩٣). يدفع هذا التشابه بعض الباحثين إلى الاعتقاد بأنه يمكن لكائن سوطي وحيد الخلية غير ذاتي التغذية أن يتعايش مع بلاستيدة خضراء داخل جسمه، الأمر الذي يؤدي إلى تحول الكائن السوطي غير ذاتي التغذية إلى طحلب ذاتي التغذية. شكل هذا الطحلب فيما بعد كائناً أولياً في قسم الطحالب متغايرة الأسواط .

تمثل الطحالب متغايرة الأسواط كائنات وحيدة خلية (عدا الطحالب البنية Phaeophyceae فهي عديدة الخلايا)، تعيش في بيئات مختلفة فمنها أنواع توجد في المياه العذبة وأخرى في البحار ومنها أنواع تعيش فوق التربة الرطبة.

تعتبر معظم الطحالب متغايرة الأسواط كائنات ذاتية التغذية حاوية على بلاستيدات خضراء محاطة بأربعة أغشية يمثل اثنان منها غشاءً بلاستيدياً مزدوجاً، بينما يمثل الاثنان الآخران امتدادات للشبكة الاندوبلازمية Endoplasmatic reticulum. تتركز أصباغ البناء الضوئي ضمن الأغشية الثايلاكويدية Thylakoid membrans التي تترتب ضمن البلاستيدات الخضراء على هيئة تكدسات Lamella ثلاثية الأغشية. تعتبر خاصية التكلس الثلاثي للثايلاكويدات صفة مميزة ومشاركة بين ثلاثة أقسام طحلبية وهي:

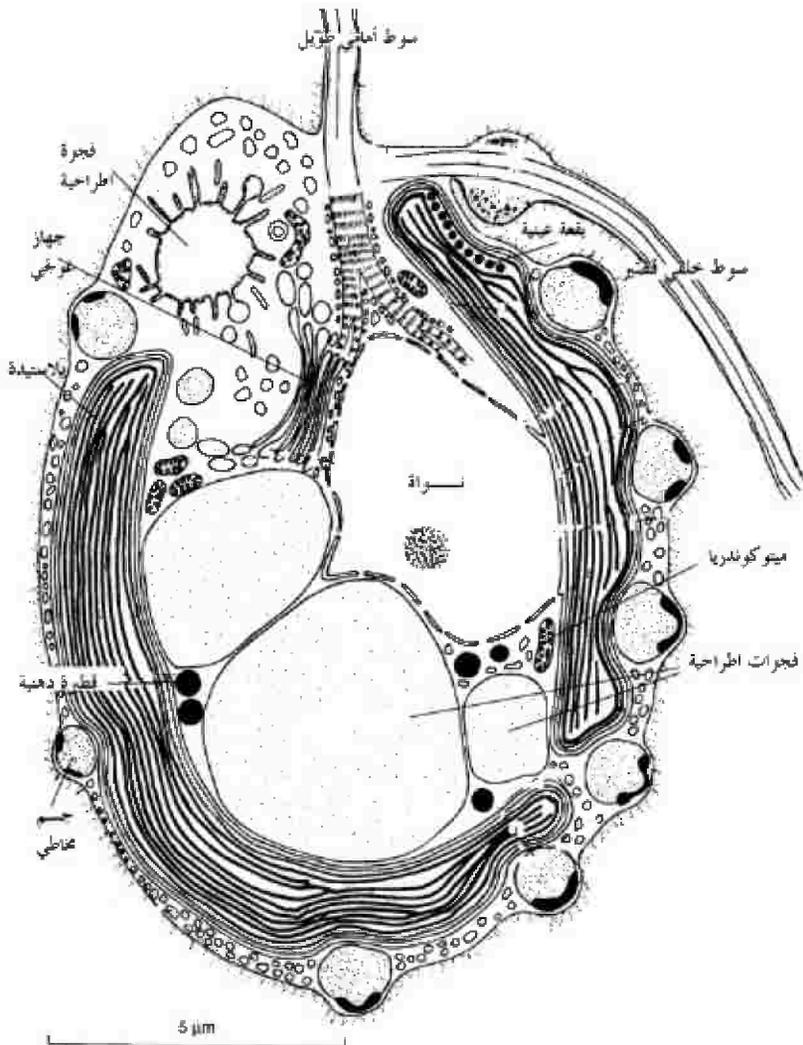
١- متغايرة الأسواط Heterokontophyta.

٢- الدينوية Dinophyta.

٣- هابتوفيتا Haptophyta.

نميز لدى الطحالب متغايرة الأسواط أنماطاً مختلفة من الأصباغ اليخضورية (كلوروفيل أ، ب) والكاروتينية و الزانثوفيلية. وتقوم البلاستيدات الخضراء Chloroplasts بعملية البناء الضوئي وإنتاج المواد السكرية البسيطة التي لا تلبث أن تغادر البلاستيدة إلى سيتوبلازم الخلية الطحلبية، حيث تتجمع هناك وترتبط مع بعضها على هيئة سكر متعدد ادخاري هو الكريزولامينارين Chrysolaminarin  $\beta$ ١,٣). (Glucan) الذي يتم تكديسه ضمن الفجوات الخلوية. تحتوي الخلية الطحلبية لأنواع هذا القسم على جهاز جولجي Golgi apparatus وحيد أو عدة أجهزة، وكذلك على جهاز حساس مستقبل للضوء Photoreceptor يتمثل في انتفاخ قرب قاعدة السوط القصير

وبقعة عينية Eye spot، توجد في إحدى البلاستيدات الخضراء، الشكل رقم (١١،٧).  
 يفيد هذا الجهاز في توجيه خلية الطحلب أو أمشاجه المتحركة باتجاه الضوء.



الشكل رقم (١١،٧). خلية أحد الطحالب متغايرة الأسواط (*Oochromonas tuberculatus*)

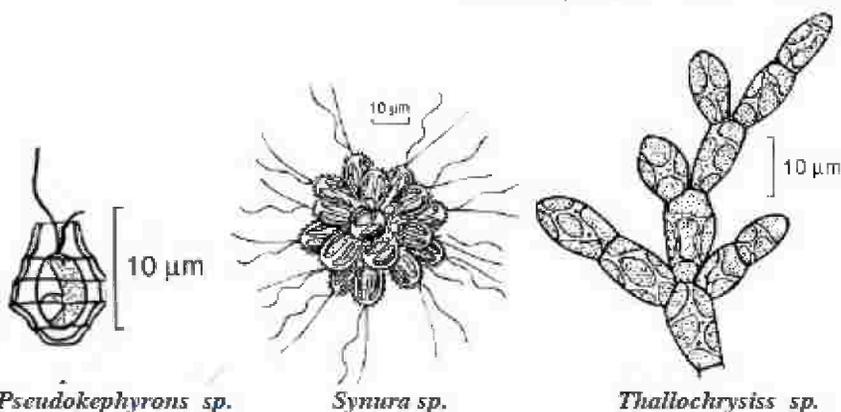
سيتم التطرق في هذا الكتاب بشيء من التفصيل إلى أربع فصائل من الطحالب متغايرة الأسواط هي:

- الطحالب الذهبية Chrysophyceae ، الطحالب الصفراء Xanthophyceae ،  
الطحالب الدياتومية Bacillariophyceae ، و الطحالب البنية Phaeophyceae .

### (١١,٧,١) الطحالب الذهبية Chrysophyceae

يبلغ عدد الأجناس التابعة للطحالب الذهبية حوالي ٢٠٠ جنس تشتمل على حوالي ١٠٠٠ نوع، تنتشر معظمها في المياه العذبة.

تمثل معظم هذه الطحالب كائنات وحيدة خلية متحركة بواسطة سوطين متوضعين في الناحية الأمامية للخلية الطحلبية، إلا أنه في حالات قليلة يمكن للخلايا الطحلبية أن تتجمع مع بعضها البعض مشكلة تراكيباً بدائياً عديد الخلايا (مستعمرة)، كما هو الحال عند طحالب الجنس سينورا *Synura* و طحالب الجنس ثالوكرسيس *Thallochrysis* ، الشكل رقم (١١,٨).



الشكل رقم (١١,٨). بعض أجناس الطحالب الذهبية.

## (١،١،٧،١١) أهم الخصائص العامة

١- تتنوع طرق التغذية كثيراً لدى الطحالب الذهبية، فبعض أجناسها ذاتية التغذية تقوم بالبناء الضوئي، إلا أنه عند توفر المحلول السكري المناسب في الوسط فإنها تتحول إلى كائنات غير ذاتية التغذية وتفقد أصباغ البناء الضوئي، وبعضها الآخر يتغذى بطريقة البلعمة، حيث يجري إدخال خلايا بكتيرية أو طحالب صغيرة إلى إحدى الفجوات الخلوية، ومن ثم هضم هذه الكائنات بفعل عدد من الإنزيمات الناشئة من الجسيمات الحالة Lysosomes أو من جهاز جولجي Golgi apparatus، لا تلبث الخلية الطحلبية بعد ذلك أن تطرح المواد التي لم يجر هضمها إلى الوسط الخارجي.

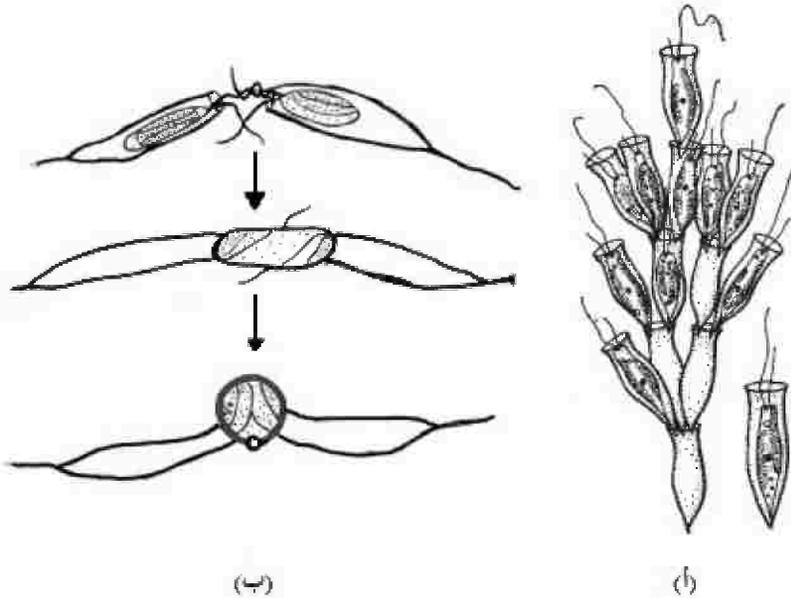
٢- تحتوي الخلية الطحلبية لأجناس الطحالب الذهبية ذاتية التغذية على بلاستيده أو اثنتين.

٣- تحتوي البلاستيديات على أصباغ البناء الضوئي (كلوروفيل أ، ج، كاروتينات، زانثوفيلات) إلا أن كمية الصبغ الزانثوفيلي فيكوزانثين Fucoxanthin ذي اللون البني والصبغ الكاروتيني بيتا-كاروتين B-Caroten ذي اللون الأصفر هما اللذان يطغيان على بقية الأصباغ ويكسبان البلاستيديات والخلايا لونها الذهبي (البني المصفر).

٤- ينجم عن قيام البلاستيديات بالبناء الضوئي إنتاج سكر متعدد هو الكريزولامينارين Chrysolaminarin الذي يتم تخزينه على هيئة سائل ادخاري ضمن فجوات خلوية خاصة، كما يتم إنتاج مواد دسمة، تبدو على هيئة قطيرات دهنية منتشرة في السيتوبلازم.

٥- يوجد على السطح الخارجي للعديد من الخلايا الطحلبية ترسبات لمادة السيليكا Silica، تأخذ هيئة قشور، أو تشكل في بعض الأحيان هيكلًا قاسياً على هيئة طبقة مستمرة ضمن الجدار الخلوي.

٦- تكاثر الطحالب الذهبية لاجنسياً بصورة رئيسية، لكن بعض الأجناس كجنس دينوبريون *Dinobryon* يمكن لها أن تتكاثر جنسياً، حيث تقوم خليتان جسميتان بدور مشيجان يقتربان من بعضهما وتتشابك أسواطهما الأمامية مع بعضهما، ثم لا تلبث الخليتان أن تندججا في خلية واحدة مشكلتين بيضة ملقحة *Zygote*، تحيط نفسها بهيكل سميك، الشكل رقم (١١،٩).

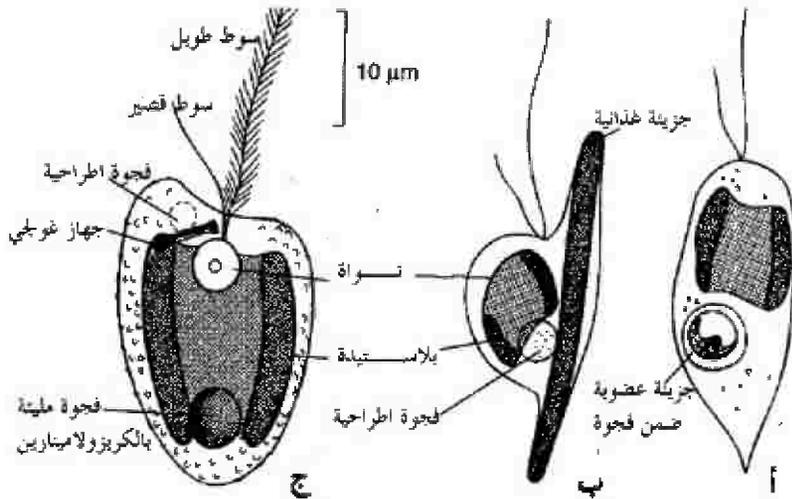


الشكل رقم (١١،٩). طحلب دينوبريون *Dinobryon sp.*  
(أ) خلايا جسمية، (ب) مراحل التكاثر الجنسي.

### (١١،٧، ١،٢) طحلب أوكرومونات *Oochromonas sp.*

يُمثل هذا الكائن طحلباً وحيد خلية، تنتشر معظم أنواعه في المياه العذبة، وتشكل جزءاً هاماً من العوالق النباتية في هذه المياه. يعتبر طحلب أوكرومونات، أبسط

أشكال الطحالب الذهبية، كما أن بنية خلية تمثل النمط العام الرئيس ليس فقط لبنى خلايا الطحالب الذهبية، بل أيضاً لجميع خلايا قسم الطحالب متغايرة الأسواط. تبدو الخلية الطحلبية عارية مفردة ومزودة بسوطين في مقدمتها. يكون أحد السوطين طويلاً مزوداً بصفيين من الأوير القصيرة، ويفيد من خلال حركته التموجية في دفع الخلية الطحلبية للأمام، بينما يكون السوط الآخر قصيراً متجهاً إلى الخلف يقوم بدور دفة القيادة، حيث يعمل على توجيه الخلية الطحلبية أثناء تقدمها إلى الأمام. تحتوي الخلية الطحلبية على بلاستيدة خضراء أو اثنتين تأخذان شكلاً قرصياً، الشكل رقم (١١، ١٠). تحتوي إحدى البلاستيدين على بقعة عينية لتوجيه الخلية إلى الضوء. تسبح خلايا أوكرومونات وتتجذب بشكل عام باتجاه الضوء Positive phototaxis، إلا أنه عندما يكون الضوء شديداً فإنها تسبح مبتعدة عنه Negative phototaxis.



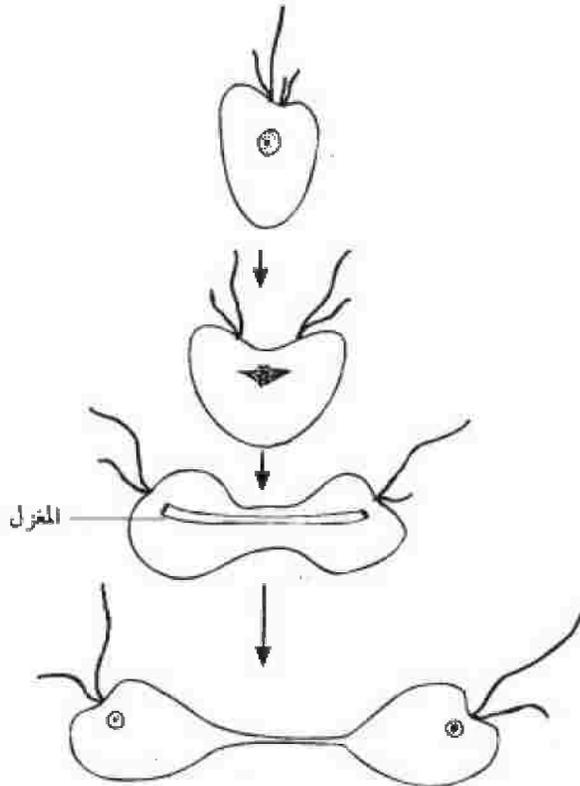
الشكل رقم (١١، ١٠). أنواع مختلفة للطحلب أوكرومونات

(أ) أوكرومونات دانيكا *O. danica* (ب) أوكرومونات جرانولاريس *O. granularis*،

(ج) الجنس *Oochromonas*.

## التكاثر

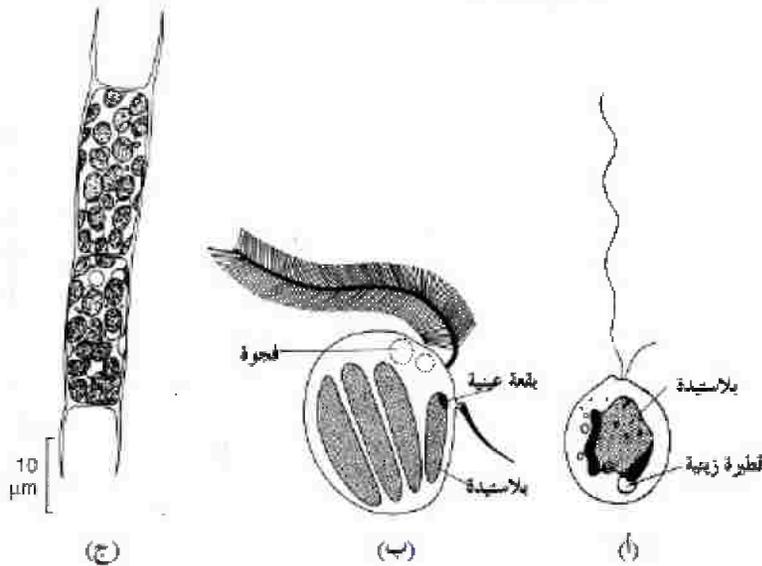
لم يتم إلى الآن التعرف على نمط تكاثر جنسي في هذا الطحلب، فهو يتكاثر لاجنسياً عن طريق انقسام الخلية خيطياً (ميتوزياً) Mitosis إلى خليتين، الشكل رقم (١١،١١). يبدأ انقسام الخلية خيطياً مع انقسام جهاز جولجي والبلاستيدات، ثم تتضاعف الجسمين القاعديين للسوطين، ثم يتشكل سوطان جديدان إلى جوار القديمين. يبدأ الانقسام النووي الخيطي في مرحلة لاحقة وينتهي مع تشكل نواتين تحيط كل منهما نفسها بغشاء نووي يتشكل من الغلاف البلاستيدي. بعد انتهاء الانقسام الميتوزي النووي تبدأ الخلية بالتخصر من مقدمتها حتى تنقسم في النهاية إلى خليتين مستقلتين.



الشكل رقم (١١،١١). مراحل الانقسام الخلوي عند طحلب أو كرومونااس *Oochromonas sp.*

## Xanthophyceae الطحالب الصفراء (١١,٧,٢)

يبلغ عدد الأجناس التابعة لهذه الطحالب حوالي ١٠٠ جنس، تضم ما يزيد عن ٦٠٠ نوع، تنتشر معظمها في المياه العذبة وعلى التربة الرطبة والقليل منها يعيش في البحار (Van den Hoek et al., ١٩٩٣). ينتمي إلى هذه المجموعة أنواع مختلفة من الطحالب، بعضها وحيد الخلية متحرك بواسطة سوطين أحدهما أمامي طويل والآخر جانبي قصير كما هو الحال عند الطحلب كلوروميرون أجيل *Chloromeson agile*، الشكل رقم (١١,١٢)، وبعضها الآخر ساكن عديد الخلايا على هيئة خيوط، إلا أنه يعطي خلايا بوغية Zoospores متحركة بالأسواط، وتشبه الطحالب الذهبية إلى حد بعيد كما هو الحال عند طحلب تريونيما فيريدي *Tribonema viride*، كما يبدو العديد من الطحالب الصفراء على هيئة أنابيب غير مقسمة مشكلة مدججاً خلويًا *Coenocyte*، كما هو الحال عند طحلب فوشيريا *Vaucheria sp.*



الشكل رقم (١١,١٢). بعض أنواع الطحالب الصفراء.

(أ) كلوروميرون أجيل *Chloromeson agile*، (ب) تريونيما (بوغة متحركة)،

(ج) تريونيما فيريدي *Tribonema viride*

## (١١,٧,٢,١) أهم الخصائص العامة

١- تتشابه الطحالب الصفراء مع الطحالب الذهبية إلى حد بعيد، إلا أن المرء يستطيع التمييز بينهما من خلال تركيب الجدار الخلوي ونوعية أصباغ البناء الضوئي. يتكون الجدار الخلوي عند الطحالب الذهبية بشكل رئيسي من السليلوز والبكتين والسيليكا، أما عند الطحالب الصفراء فهو يتكون أساساً من ألياف سليلوزية ترتبط أحياناً مع قليل من السيليكا. كما أن صبغ الفيكوزانتين هو الذي يغطي على بقية الأصباغ لدى الطحالب الذهبية، بينما يغيب هذا الصبغ كلياً عند الطحالب الصفراء التي تحتوي على صبغ بيتا - كاروتين كصبغ رئيس ملحق بالأصباغ الكلوروفيلية (أ، ج). يغطي لون صبغ بيتا - كاروتين B-Caroten على ألوان بقية الأصباغ مما يكسب هذه الطحالب لوناً أصفر يميل إلى الاخضرار قليلاً. كما نجد عند هذه الطحالب أصباغ زانثوفيلية متنوعة منها الفوشيريا زانتين Vaucheriaxanthine والبيترو زانتين Heteroxanthine.

٢- تحتوي الخلايا الطحلبية على بلاستيدات خضراء تقوم بإنتاج السكر المتعدد لامينارين Laminarine الذي يتم تخزينه بجوار قطيرات الدهن كنواتج للبناء الضوئي.

٣- تتكاثر معظم أنواع الطحالب لاجنسياً، إلا أن القليل منها يتكاثر جنسياً معطياً أمشاجاً ذكورية متحركة بواسطة سوطين جانبيين، وأمشاج أنثوية ساكنة.

(١١,٧,٢,٢) طحلب فوشيريا *Vaucheria sp.*

يضم هذا الجنس حوالي ٢٥ نوعاً، تعيش في المياه العذبة الراكدة وعلى سطح التراب الرطبة، عدا أربعة أنواع توجد في البحار، (بغدادى، ١٩٧٤م). ويتكون جسم الطحلب من خيوط أنبوبية غير مقسمة عديدة النوى (مدمج خلوي Coenocyte). يوجد في تجويف الخيوط الأنبوبية فجوة عصارية Vacoule يفصلها عن بقية الأنبوب

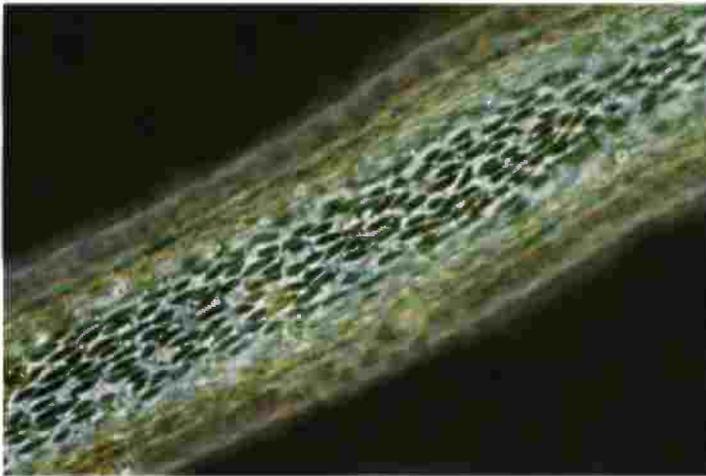
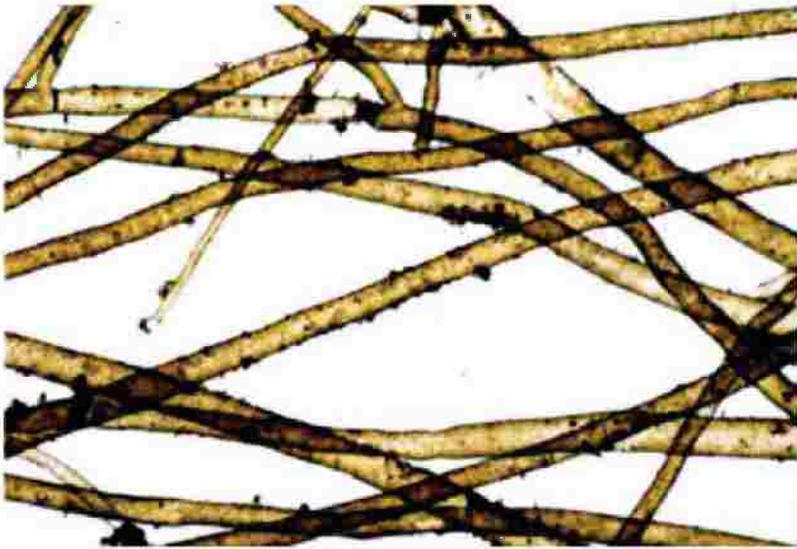
غشاء سيتوبلازمي رقيق. تحتوي البروتوبلازم على نوى عديدة، وأجهزة جولجي، وميتوكوندريا، وبلاستيدات خضراء تتركز في الجهة الخارجية من البروتوبلازما. توجد في أسفل الطحلب أشباه جذور عديمة اللون تفيد في تثبيته إلى الوسط، وتنمو الخيوط الأنبوية نمواً طرفياً Apical growth مودية إلى استطالة جسم الطحلب نحو الأعلى، الشكل رقم (١١، ١٣).

### التكاثر

يتكاثر هذا الطحلب بطريقتين :

١- التكاثر اللاجنسي: يتكاثر الطحلب لاجنسياً عندما تكون الظروف البيئية مناسبة، حيث تظهر انتفاخات صولجانية الشكل على نهايات بعض الأفرع الأنبوية، ثم لا تلبث هذه الانتفاخات أن تمتلئ تماماً بالسيتوبلازم والبلاستيدات والنوى. يتكون جدار مستعرض في نهاية الانبوب الطحليبي، يفصل الانتفاخات عن بقية جسم الطحلب مكوناً اعتباراً من كل منها ما يسمى بالحافظة البوغية Zoosporangium، وتتبادل كل من النوى والبلاستيدات موقعهما حيث تتركز النوى في اتجاه الخارج، ثم يخرج من محيط البروتوبلازم مقابل كل نواة زوج من الأسواط، وتتحول البروتوبلازم ضمن الحافظة إلى بوغة مركبة ساجحة Compound Zoospore، الشكل رقم (١١، ١٤).

عند تمام نضج البوغة المركبة فإنها تتحرر من الحافظة البوغية عبر فتحة طرفية وتسبح في الماء، ثم لا تلبث أن تفقد أسواطها وتستقر في مكان ما، لتثبت في اتجاهين معطية أنبويتين، تظل إحدهما عديمة اللون وتخرج منها أشباه جذور، بينما تنمو الأخرى إلى الأعلى مكونة مدمجاً خلوياً أنبوبي الشكل يمثل جسم الطحلب.



ج.

الشكل رقم (١١, ١٣). طحلب القوشريا *Vaucheria sp.*  
 (أ) خيوط طحلية متشابكة  
 (ب) جزء مكبر من الخيط الطحلي تبدو فيه اليلامستيدات الخضراء

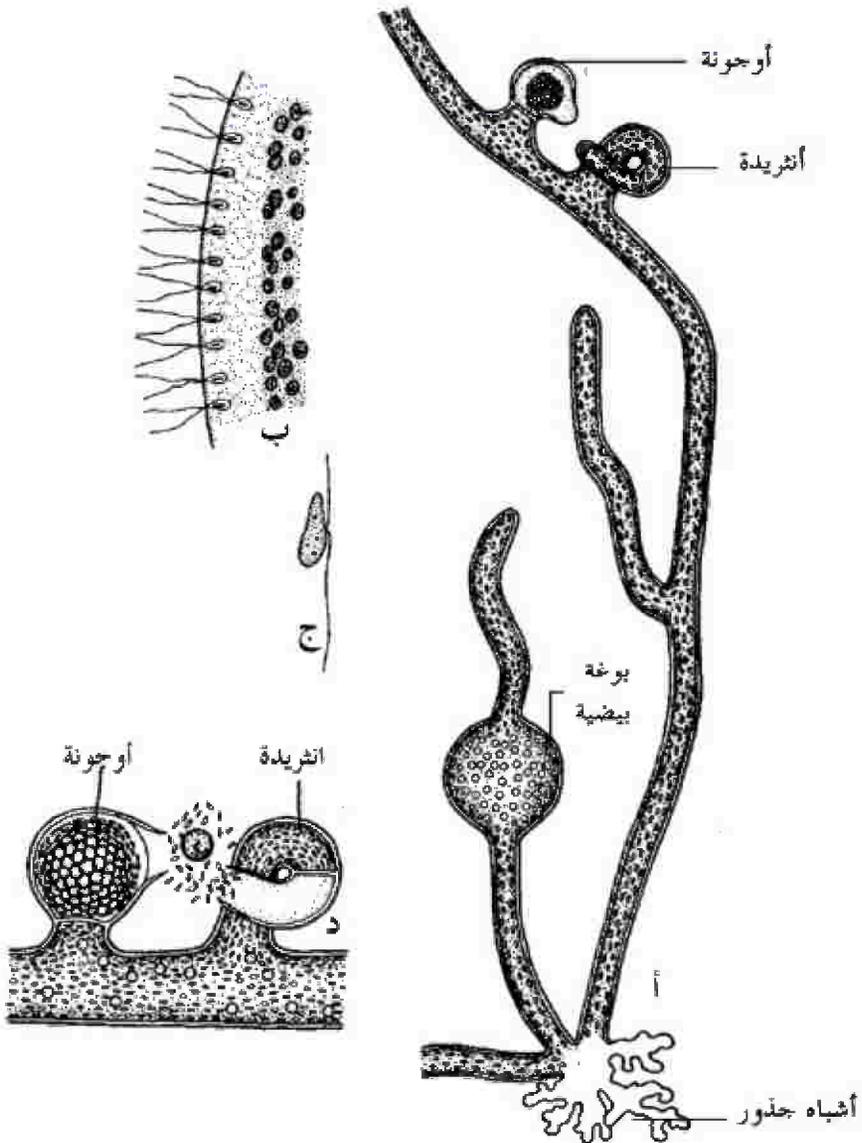
٢- التكاثر الجنسي: يبدأ التكاثر الجنسي مع تكوين الطحلب لأعضاء تذكير (أنثريدات Antheridia مفرداً أنثريدة Anthridium) وأعضاء تأنيث (أوجونات Oogonia مفرداً Oogonium) توجد عادة على نفس الطحلب.

تأخذ الأنثريدة شكل أنبوبة اسطوانية ملتوية تنفصل عن بقية جسم الطحلب بواسطة جدار مستعرض، وتحتوي في داخلها عدداً كبيراً من الأمشاج الذكرية السابحة بواسطة زوج من الأسواط المرتبة جانبياً. يبدو المشيج الذكرى كمشري الشكل أحادي المجموعة الصبغية (n).

تأخذ الأوجونة شكلاً كروياً وتحتوي على بيضة واحدة ساكنة أحادية المجموعة الصبغية (n).

مع بدء الإخصاب Fertilization تكوّن الأوجونة بروزاً يتجه نحو الأنثريدة، ويمثل مكاناً لاستقبال الأمشاج الذكرية السابحة، كما يتجه طرف الأنثريدة باتجاه بروز الأوجونة، الشكل رقم (١٤، ١١ د). تخرج الأمشاج الذكرية من الأنثريدة عبر ثقب طرفي، وتسبح لتدخل إلى الأوجونة المجاورة، إلا أن واحدة منها فقط تقوم بإخصاب البيضة لتشكل بيضة ملقحة ثنائية المجموعة الصبغية (2n)، تحيط نفسها بجدار سميك وتحول إلى بوغة بيضية Oospore.

تمر البوغة البيضية بفترة سكون تنقسم خلالها نواتها الثنائية (2n) عدة انقسامات يكون أولها اختزالياً، ليتشكل عدد كبير من النوى الأحادية (n) التي تشكل مع كتلة السيتوبلازم المحيط أبواغاً مختزلة Mciospores، ينمو كل منها ليعطي طحلباً جديداً.



الشكل رقم (١٤، ١١) طحلب الفوش—*Vaucheria sp.*

(أ) بنية جسم الطحلب (الثالوس)، (ب) التكاثر اللاجنسي وطريقة ترتيب النوى والأسواط عند البوغة المركبة، (ج) مشيخ ذكري سايق، (د) الأنثريدة و الأوجونة.

**Bacillariophyceae الطحالب الدياتومية (١١,٧,٣)**

تعتبر الدياتومات Diatoms من أقدم الطحالب فلقد وجدت حفريات (مستحاثات) لأنواع بحرية منها تعود إلى الحقبة الأولى من العصر الطباشيري (قبل ١٢٠ مليون سنة). ويبلغ عدد أنواعها المعاصرة حوالي مائة ألف نوعاً، تتوزع ضمن ٢٥٠ جنساً، تنتشر في العديد من البيئات (مياه مالحة، مياه عذبة، برك ومستنقعات، تربة رطبة)، إلا أن انتشارها في البحار والمحيطات يكون كبيراً، فهي تشكل نسبة هائلة من الفيتوبلانكتون Phytoplankton في هذه المياه.

توجد الدياتومات بغزارة في المياه الشاطئية للمحيطات الغنية بالمواد العضوية كما هو الحال في شواطئ جنوب غرب أفريقيا و الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية وساحل كاليفورنيا، حيث تبلغ كمية الكربون المثبت على هيئة مركبات عضوية (كنتاج للبناء الضوئي بفعل الدياتومات بالدرجة الأولى وغيرها من العوالق النباتية والطحالب البحرية) ما بين ٤٠٠ - ١٠٠٠ جرام لكل متر مربع سنوياً من سطح الماء.

**(١١,٧,٣,١) أهم الخصائص العامة**

- ١ - جميع أنواع هذه الطحالب هي كائنات وحيدة خلية، توجد مفردة هائمة ضمن المياه أو عالقة في كثير من الأحيان بغيرها من الأجسام أو الطحالب أو الحيوانات المائية، ولكنها تتجمع في أحيان أخرى مع بعضها البعض على هيئة مستعمرات.
- ٢ - تقوم بعض الدياتومات (الدياتومات المركزية Centrales) خلال تكاثرها الجنسي بإنتاج أمشاج ذكورية ساچمة، يمثل كل منها خلية صغيرة أحادية المجموعة الصبغية (١n) متحركة بواسطة سوط مفرد يوجد في مقدمة الخلية ومزود بصفين من الأوبار الجانبية.

٣ - تحاط الخلية الدياتومية بجدار مميز يتألف بشكل رئيسي من مادة السيليكا التي تكسبه قساوة عالية. يعطي هذا الجدار للخلية شكل نصفين متراكبين أشبه بالعلبة أو الصندوق وغطائه. يسمى الجزء السفلي (الصندوق أوالعلبة) بالمصراع السفلي Hypotheca ، ويسمى الجزء العلوي (الغطاء) بالمصراع العلوي Epitheca ، ويكون المصراع العلوي عادة أكبر قليلاً من المصراع السفلي، ويسمى موضع تراكب المصراعين بالحزام Girdle. يحمل المصراعان تزيينات هندسية جميلة ومحددة تفيد في التمييز بين الأنواع الدياتومية المختلفة، الشكل رقم (١١،١٥)

ترسب الجدر القاسية للخلايا الدياتومية بعد موتها في أعماق البحار والأنهار، وبسبب غزارة هذه الطحالب ضمن المياه فإن بقاياها تقود إلى تشكيل التربة الدياتومية، التي تتمتع بأهمية اقتصادية كبيرة، إذ يمكن استخدامها في المرشحات لترشيح السوائل، وكمادة عازلة للحرارة وصاقلة للمعادن، كما تدخل أيضاً في صناعة معاجين الأسنان ومساحيق التجميل.

٤ - تحتوي الخلية الدياتومية على بلاستيده خضراء مفردة أو بلاستيدين، وتكون البلاستيده محاطة بغشاء بلاستيدي مضاعف إضافة إلى غشاء مضاعف من الشبكة الاندوبلازمية الذي يكون على اتصال من جهة أخرى مع الغشاء النووي. يغزر صبغ الفيكوزانتين Fucoxanthin ضمن البلاستيديات، ويكسب البلاستيده والخلية لوناً بنياً ذهبياً مميزاً، يوجد إلى جوار هذا الصبغ أصباغ أخرى أهمها الكلوروفيل بنوعيه (أ، ج) ويعتبر السكر المتعدد كريسولامينارين Chrysolaminarin هو الناتج الرئيسي الادخاري للبناء الضوئي.



الشكل رقم (١١,١٥). الأشكال التزيينية الجميلة لأنواع مختلفة من الطحالب الدياتومية Diatomae

### (١١,٧,٣,٢) تقسيم الدياتومات

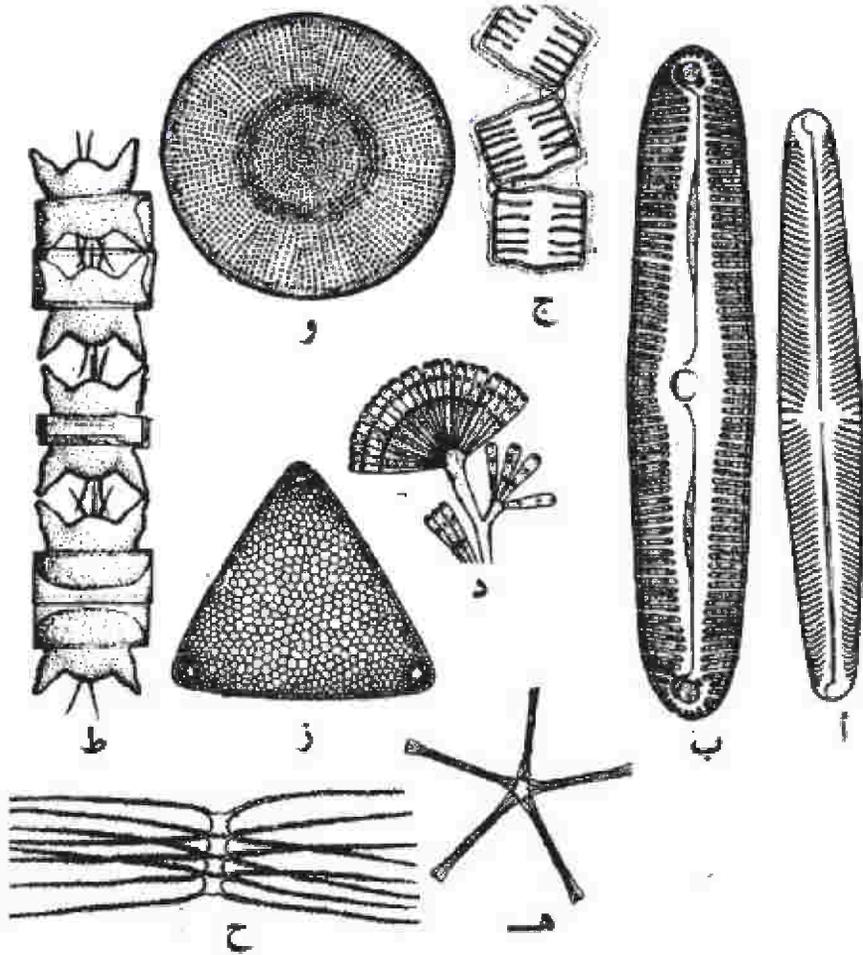
تقسم الطحالب الدياتومية إلى رتبتين رئيسيتين هما الدياتومات المركزية Diatomae centrales والدياتومات المستطيلة Diatomae pennales. يعتمد هذا التقسيم بالدرجة الأولى على شكل المصراعين وطريقة ترتيب التزيينات عليهما.

## ١- الدياتومات المركزية Centrales

وهي طحالب غير متحركة تمثل الشكل البدائي للدياتومات ، وتنتشر في البحار بشكل رئيسي. تحمل الخلية الطحلبية تزيينات متناظرة بشكل عرضي أو على هيئة أنصاف أقطار حول نقطة مركزية، وتوجد على المصراع العلوي أو على المصراع السفلي أو على كليهما. تأخذ بعض هذه الطحالب أشكالاً دائرية (كطبق بتري) ومثالها الطحلب كوسينوديسكوس *Coscinodiscus sp.*، أو أشكالاً مثلثية كطحلب ترسيراتيوم *Triceratium sp.*، أو أشكالاً أخرى متناظرة مركزياً كطحلب كيتوسيراس *Chaetoceras sp.*، الشكل رقم (١١،١٦ و، ز، ح).

## ٢- الدياتومات المستطيلة Pennales

تعتبر هذه الطحالب الشكل الأكثر تعقيداً للدياتومات ، وتنتشر في المياه العذبة والمالحة، وهي تمثل خلايا قادرة على الحركة ، وتحمل تزيينات طولية أو عرضية متناظرة على كلا المصراعين العلوي والسفلي، كما يحمل أحد المصراعين أو كلاهما شقاً طولياً يسمى رافي Raphic يلعب دوراً هاماً في حركة الخلية ضمن الماء، حيث تنشق من الرافي خيوط سيتوبلازمية مخاطية، تفيد في تحريك الخلية بشكل انزلاقي إلى الأمام، كما تعمل هذه الخيوط عند بعض الأنواع على تثبيت الخلية إلى أجسام منتشرة في الوسط المحيط. نذكر من هذه الطحالب الطحلب نافيكولا *Navicula sp.* الذي يأخذ شكل زورق صغير يحمل تزيينات عرضية تبدأ من محيط المصراع Raphic، بالإضافة إلى الأجناس الطحلبية التالية: بينولاريا *Pinnularia*، وتابللاريا *Tabellaria*، وليكوموفورا *Licomophora*، وأستريونيللا *Asterionella*، الشكل رقم (١١،١٦ أ، ب، ج، د، هـ).



الشكل رقم (١١، ١٦). بعض أنواع الديتومات.

١- ديتومات مستطيلة: (أ) نافيكولا (*Navicula oblonga*)، (ب) بينولاريا (*Pinnularia viridis*)، (ج) تابيلاريا (*Tabellaria flocculosa*)، (د) ليكومفورنا (*Licomphora flabellate*)، (هـ) أستريونيلا (*Asterionella formosa*)

٢- ديتومات مركزية: (و) كوزينوديسكوس (*Coccinodiscus pantocseki*)، (ز) تريسيراتيوم

(ح) كيتوسيراس (*Triceratium distinctum*)، (ط) بيدولفيا (*Biddulphia aurita*)، (*Chaetoceras castracanei*)

## (٣,٣,٧,١١) التكاثر

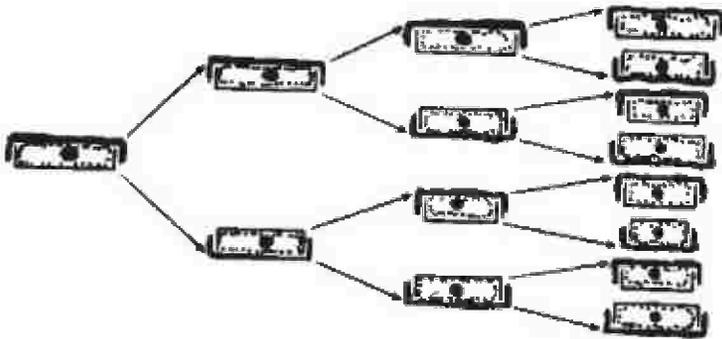
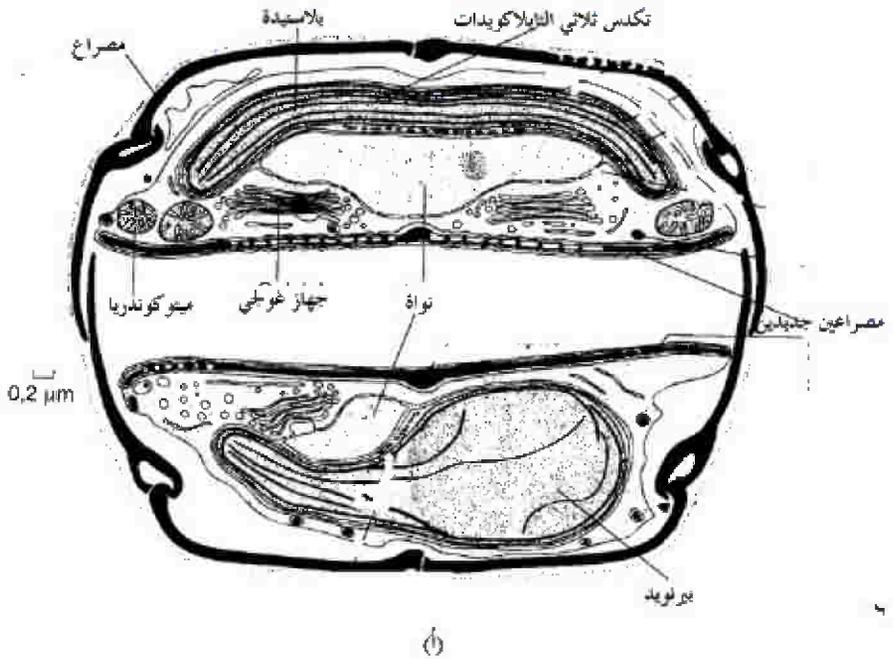
يوجد نمطان لتكاثر الدياتومات أحدهما جنسي والآخر لاجنسي ، وذلك وفقاً لما يأتي :

## ١- التكاثر اللاجنسي

وهو يتم عن طريق انقسام الخلية انقساماً مباشراً إلى خليتين ، حيث تبدأ الخلية بالانضاح والزيادة في الحجم ، مما يؤدي إلى تباعد المصراعين قليلاً عن بعضهما من منطقة الحزام وبدون أن تصبح البروتوبلازم الخلوية حرة في الوسط الخارجي. يعقب ذلك مباشرة انقسام خيطي (ميتوزي) للنواة والمحتويات الخلية بحيث تتشكل خليتان ضمن المصراعين ، الشكل (١٧,١١ أ).

تأخذ كل خلية أحد المصراعين وتبدأ مباشرة بتشكيل المصراع المتمم. من الجدير بالذكر أن كلاً من المصراع العلوي *Epitheca* و المصراع السفلي *Hypotheca* للخلية الأم يقوم بدور مصراع علوي في كل من الخليتين الوليدتين ، وهكذا فالمصراع الجديد المتشكل في الخلية الوليدة هو دوماً سفلي. سيكون نتيجة ذلك تشكل خليتين إحداهما مساوية تماماً لحجم الخلية الأم والأخرى أصغر بقليل ، كما هو مبين في الشكل (١٧,١١ ب).

إلا أن التكاثر اللاجنسي وانقسام الخلايا يمكن أن يستمر لمرات ومرات في التجمعات الدياتومية ، مما سيقود إلى تشكل خلايا متناهية في الصغر ، وبالمقابل فإنه لا يمكن أن يتعدى حجم الخلية حداً أدنى من الصغر ، لذا تلجأ الخلايا الصغيرة وقبل أن تنهى في الصغر إلى التكاثر جنسياً ، وتشكيل بوغرة بيضية أو ما يسمى بالأوكسوسبور *Auxospore*. أما الخلايا الصغيرة التي لا تتمكن من الدخول في تكاثر جنسي فإنها تتابع الانقسام لا جنسياً حتى تنعدم تماماً.



(ب)

الشكل رقم (١٧، ١١). الكائن اللاجنسي عند الدياتومات

(أ) خلية دياتومية في بداية الانقسام اللاجنسي،

(ب) مبدأ الانقسام اللاجنسي وكيفية تواجد المصراعين

## ٢- التكاثر الجنسي

(أ) عند الدياتومات المستطيلة *Diatomae pennales*: تبلغ بعض الخلايا نتيجة انقساماتها الخيطية المتكررة حجماً صغيراً يصعب معه متابعتها في الانقسام، لذا فإنها تلجأ إلى التكاثر الجنسي الذي يجري وفق التسلسل التالي:

تقابل خليتان من جهة الحزامين وتقتربان من بعضهما إلى حد كبير، ثم لا تلبثا أن تفرزا مادة هلامية تغلفهما بشكل تام. بسبب التباين الكبير في أحجام الدياتومات فإننا نتحدث في كثير من الأحوال عن خليتين متقابلتين متفاوتتين في الحجم بالرغم من أن التكاثر الجنسي الذي سيحدث هو من النوع المتساوي الأمشاج *Isogamy*. تبدأ كل من الخليتين المتقابلتين بالانقسام اختزالياً، ويتشكل الآن في كل خلية خليتان في كل منهما نواة أحادية المجموعة الصبغية، تكون إحدى الخلايا كبيرة، بينما تكون الأخرى صغيرة، ثم لا تلبث الخلية الصغيرة أن تتلاشى تدريجياً. وهكذا يبقى ضمن كل خلية نواة أحادية (n) مع قليل من البروتوبلازم.

يتباعد المصراعان في المرحلة التالية في كل من الخليتين المتقابلتين عن بعضهما اعتباراً من منطقة الحزام، ولا تلبث السيتوبلازم مع النواة أن تُخرج من كل خلية خارج المصراعين لتوضع في منطقة الهلام المحيط، ثم تتحد النواتان داخل الهلام مشكلتين البوغة البيضية (2n) *Auxospore* التي تحيط نفسها في البداية بغلاف سميك.

تشكل البوغة البيضية في مرحلة لاحقة المصراعين وتتمو معطية خلية طحلبية نظامية. تبدأ الخلية الطحلبية بالانقسام لاجنسياً (خيطياً) معطية عدداً كبيراً من الخلايا التي يصل بعضها في النهاية إلى أحجام صغيرة مما يدفعها إلى التكاثر جنسياً من جديد، الشكل (١٨، ١١ أ).

(ب) عند الدياتومات المركزية *Diatomae centrales*: تقوم إحدى الخلايا الجسمية بلعب دور خلية مولدة للأمشاج الذكرية، حيث تنقسم عدة انقسامات خيطية (ميتوزية) مؤدية إلى إنتاج عدد كبير من الخلايا الصغيرة عديمة المصارع التي لم يتسع لها الوقت حتى تنمو إلى الحجم الطبيعي.

تتجمع بروتوبلازم إحدى أو بعض هذه الخلايا وتتكور، ويطرأ على نواتها انقسامان متتاليان أحدهما اختزالي (ميوزي)، حيث يتشكل داخل الخلية أربع نويات أحادية المجموعة الصبغية (1n). يتشكل في الجهة الخارجية ومقابل كل نواة سوط مفرد مزود بصفين من الأوبار، ثم لا تلبث أن تتشكل اعتباراً من هذه الخلية أربعة أمشاج ذكرية ساجحة.

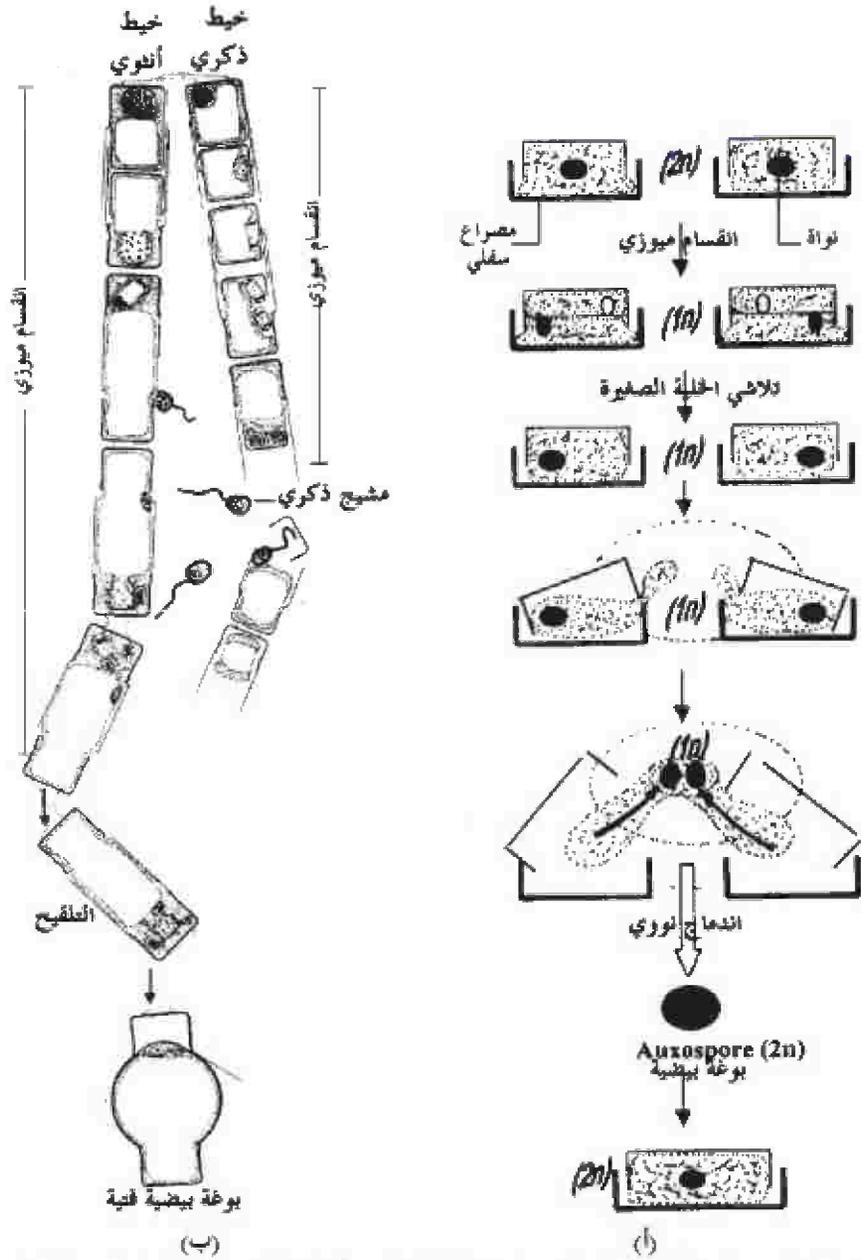
تقوم إحدى الخلايا الجسمية المجاورة بلعب دور خلية مولدة للمشيح الأنثوي (البيضة)، حيث تنقسم نواتها انقسامين متتاليين مؤدية إلى تشكل أربع نويات أحادية المجموعة الصبغية (1n)، تزول ثلاث منها وتتلشى، وتبقى واحدة تكبر قليلاً وتتوضع في طرف الخلية محيطة نفسها بالسيتوبلازم الخلوية، وتتحول تدريجياً إلى خلية بيضية. يتباعد مصراعاً الخلية قليلاً عن بعضهما وتثني الخلية في منطقة الحزام بحيث تتحذب السيتوبلازم قليلاً، ويصبح جزء منها على تماس مباشر مع الوسط المحيط. يقوم أحد الأمشاج الذكرية الساجحة بالتماس المباشر مع منطقة تحذب سيتوبلازم الخلية البيضية، ويحقن نواته داخل السيتوبلازم، ثم لا يلبث أن يحدث الاندماج بين النواة الذكرية والنواة البيضية، حيث تتشكل البيضة الملقحة *Zygote* التي تحيط نفسها بغلاف سميك مؤلف من سكريات متعددة وبعض بثور السيليكا، وتتحول إلى بوغة بيضية (2n) تدعى أوكسوسبور *Auxospore*. يمكن لبوغة الأوكسوسبور أن تنمو إلى خلية طحلبية عادية مفرزة مصراعاً علوياً وآخر سفلياً، الشكل (١٨، ١١ ب).

يُلاحظ في هذه الحالة تشكل بيضة ملقحة واحدة اعتباراً من خليتين إحداهما ذكورية وأخرى أنثوية، ومن ثم فإنه لا تحدث زيادة في العدد بل يفيد هذا التكاثر في حفظ النوع من الانقراض. وبالمقابل فإنه يمكن في حالات أخرى أن تبقى نواتان داخل الخلية الأنثوية، التي تعطي في هذه الحالة خليتين بيضيتين يمكن لهما أن تعطيا بيضتين ملقحتين بعد التلقيح.

#### Phaeophyceae الطحالب البنية (١١،٧،٤)

لقد تم التعرف على حوالي ٢٦٥ جنساً من الطحالب البنية وحوالي ١٨٠٠ نوع، تعيش معظم هذه الطحالب ضمن المياه البحرية الباردة، ويتنشر القليل منها في المياه العذبة (فقط خمسة أجناس). تنمو معظم الأنواع مثبتة على الصخور والأجسام الصلبة المتناثرة على الشاطئ أو المغمورة بالماء على أعماق تتراوح بين المترين و٢٥ متراً.

جميع أنواع الطحالب البنية هي نباتات عديدة الخلايا ذات أحجام متفاوتة، حيث يأخذ بعضها أشكالاً خيطية رقيقة مثبتة على أجسام صغيرة ضمن الماء، كما الحال عند طحلب إكتوكاربوس *Ectocarpus sp.*، بينما يكون بعضها الآخر كبير الحجم يشكل أعشاباً بحرية تسمى بالكلبس *Kelps*، الشكل رقم (١٩، ١١). نذكر من أنواعها الضخمة الطحلب فيوكس *Fucus sp.* الذي تنتشر أفراده على هيئة حشائش بحرية مثبتة على الصخور في منطقة المد والجزر ويتراوح طول النبات ما بين ١٠-



الشكل رقم (١٨، ١١). التكاثر الجنسي عند الدياتومات، (أ) عند الدياتومات المستطيلة Diatomae pennales (ب) عند الدياتومات المركزية Diatomae centrales

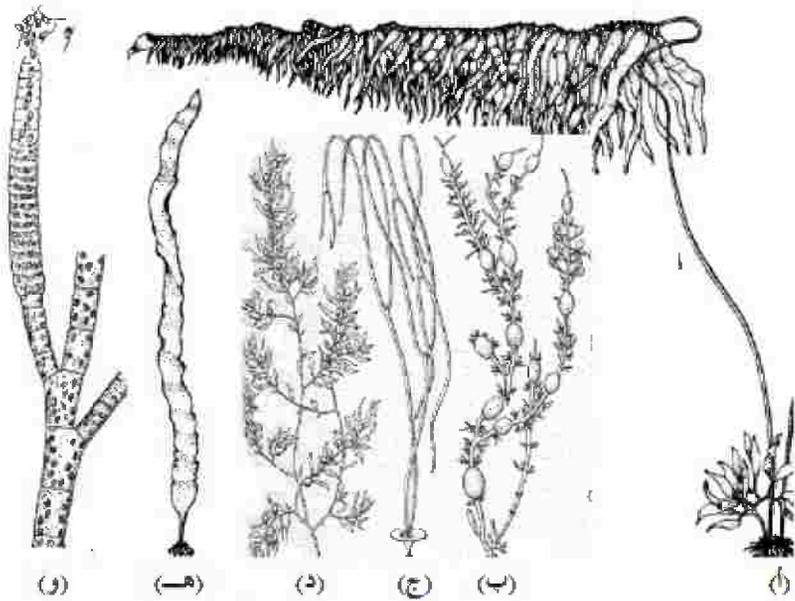
بينما يبدو الطحلب سارجاسم *Sargassum sp.* على هيئة محور أسطواناني يشبه الساق ويتفرع إلى عدة أفرع تخرج منها زوائد شبيهة بالأوراق، يبلغ طول هذا الطحلب حوالي ٣٠سم، وتحمل أفراده مشانن هوائية Air bladders تفيد في طفو جسم الطحلب ضمن الماء. يمكن أن توجد أفراد هذا الطحلب على هيئة تجمعات هائلة تشغل مساحة من المحيط يمكن أن تصل حتى مليوني ميل مربع، مشكلة ما يسمى ببحر السارجاسو Sargasso sea.

يشكل أفراد الطحلب لاميناريا *Laminaria sp.* تجمعات نباتية كبيرة مغمورة بالماء تغطي مساحات كبيرة من الشواطئ الشمالية للمحيط الأطلسي، وتبدو معظم أنواعه على هيئة نصل مفرد مزود بماسك يشبه على الصخور القاع. كما تلفت الانتباه تلك الغابات المغمورة بمياه المحيط التي يشكلها أفراد الطحلبين ماكروسيستس *Macrocystis sp.* و نيريوسيتس *Nereocystis sp.* اللذان ينتشران ضمن المياه الشاطئية لأمريكا الشمالية، ويتراوح طول الفرد ما بين ٣٠-٦٠ متراً. يبدو جسم الطحلب على هيئة نصل طويل متفرع ومثبت إلى القاع بواسطة ماسك شبه جذري.

#### (١، ٤، ٧، ١١) أهم الخصائص العامة

- ١- تعتبر هذه الطحالب كائنات عديدة خلايا، إلا أنها تحرر في الوسط خلايا تكاثرية مفردة متحركة بواسطة سوطين جانبيين، يكون أحد السوطين متجهاً إلى الأمام ومزوداً بصفيين من الأوبار الدقيقة، بينما يكون الآخر أملساً ومتجهاً إلى الخلف.
- ٢- يعزى اللون البني لخلايا هذه الطحالب إلى احتواء بلاستيدات الخضراء على كميات كبيرة من صبغ الفيكوزانثين Fucoxanthin الذي يغطي لونه وتركيزه على ألوان بقية أصباغ البناء الضوئي (كلوروفيل أ، ج، بيتا كاروتين، ...). تبدو البلاستيدات

عدسية أو خيطية الشكل، وتحاط كل منها بأربعة أغشية اثنان منهما من الأغشية المباشرة للبلاستيدة، واثنان يمثلان امتدادات للشبكة الأندوبلازمية. كما هو الحال بالنسبة لجميع فصائل الطحالب متغايرة الأسواط تحتوي البلاستيدة الخضراء Chloroplast على تكدسات Lamella ثلاثية للأغشية الثايلاكويدية Thylakoids.



(أ) ماكرومستيس *Maerocystis pyrifera*، (ب) أسكوفيلوم *Aseophyllum nodosum*،  
 (ج) هيمانتاليا *Himantalia lorea*، (د) سارجاسم *Sargassum bacciferum*،  
 (هـ) لاميناريا *Laminaria saecharina*، (و) اكتوكاريوس *Ectocarpus siliculosus*

الشكل رقم (١١، ١٩). بعض أنواع الطحالب البنية.

٣. تتكدس المواد الغذائية الادخارية ضمن خلايا الطحالب البنية على هيئة سكر متعدد هو الكريزولامينارين  $\beta(1,3)$  Glucan الذي يوجد بصورة ذائبة

في فجوات خاصة كما هو الحال في معظم الطحالب متغايرة الأسواط. تقوم الطحالب البنية إلى جوار الكريزولامينارين بتخزين السكر الكحولي مانيتول Mannitol الذي يعتقد أنه يلعب دوراً في التحكم بالضغط الأسموزي للخلية الطحلبية.

٤. يتركب الجدار الخلوي للطحالب البنية من ألياف سليولوزية بشكل رئيسي متداخلة مع سكر حامضي هو الألجين Algin (حمض المانورون Mannuron acid + حمض الجولورون Guloron acid) و سكر متعدد هو الفيوكودان Fucodan (جالاكتوز Galactose + مانوز Mannose + زايلاوز Xaylose + فيوكوز Fucose). يخلو الجدار الخلوي من أي ترسبات قاسية لمادة السيليكا، ويبدو جسم الطحلب ذو ملمس جلدي رطب بسبب ارتفاع نسبة الألجينات ضمن جدر خلاياه. تتمتع الألجينات بخواص غروية تمكنها من الاحتفاظ بكمية كبيرة من الماء لفترة طويلة من الزمن، فتبدو على هيئة مادة هلامية متفاوتة اللزوجة.

تعتبر الألجينات ذات أهمية اقتصادية حيث تدخل في كثير من الصناعات منها: الصناعات الغذائية (الآيس كريم، المربيات، السمن، المايونيز، الأغذية الهلامية، ...) والصناعات الدوائية (أغلفة بعض الكبسولات الدوائية، أدوية التنحيف حيث تنتفخ في المعدة بعد تشربها للماء فتسبب إحساساً بالشبع)، والصناعات التجميلية (كريمات ومساحيق التجميل، معاجين الأسنان، ..)، بالإضافة إلى استخدامات صناعية أخرى (مواد الطلاء، الصمغ، مواد الدباغة، ..). بسبب هذه الاستخدامات المتعددة فإنه يتم سنوياً جني ما يزيد عن ٥٧ ألف طن من الطحالب البنية لإنتاج ما يقارب من ٢٢ ألف طن من الألجينات.

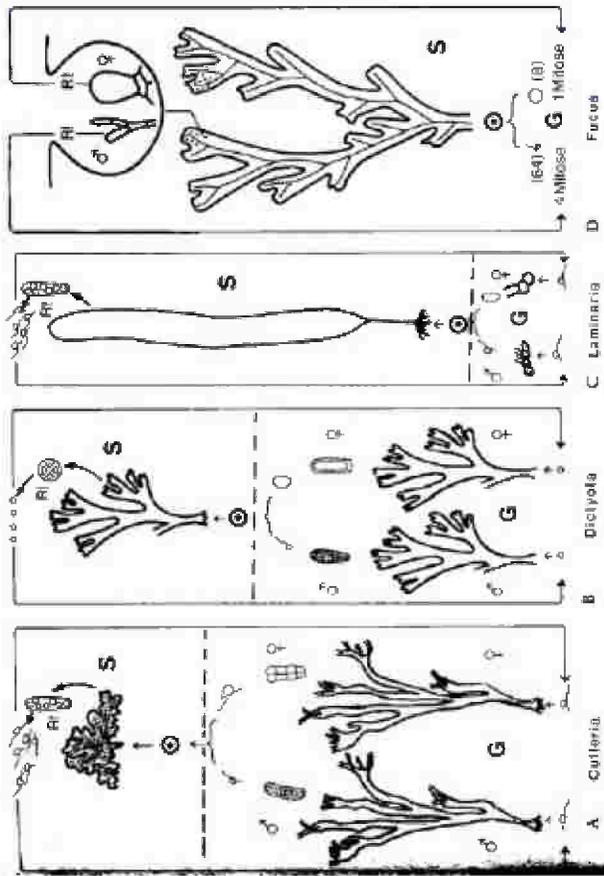
٥. يمكن لهذه الطحالب أن تتكاثر خضرياً عن طريق تفتت جسم الطحلب إلى أجزاء يعطي كل منها طحلباً جديداً. كما يمكن لها أن تتكاثر لاجنسياً عن طريق إنتاج

أبواغ ثنائية المجموعة الصبغية (2n) متحركة بواسطة سوطين Biflagellate Zoospores، تتكون الأبواغ داخل حوافظ بوغية Sporangia محمولة على النبات. ينشأ السوطان من جانب الخلية البوغية، ويكون أحدهما طويلاً ومتجهاً إلى الأمام ومزوداً بصفين من الأوبار، بينما يكون الثاني قصيراً أملساً ومتجهاً إلى الخلف. يمكن لكل بوغية أن تنمو لتعطي طحلباً جديداً.

٦- تتكاثر معظم الطحالب البنية جنسياً عن طريق تكوين أمشاج أحادية المجموعة الصبغية (n) داخل حوافظ جنسية Receptacles، يوجد من هذه الأمشاج نوعان:

(أ) أمشاج متشابهة Isogamy ساكنة أو متحركة بواسطة سوطين جانبيين كما هو الحال عند الطحالبين لاميناريا *Laminaria sp.* و كوتلريا *Cutleria sp.*  
 (ب) أمشاج متغايرة Anisogamy حيث يكون المشيج الذكري ساجماً صغير الحجم مزود بسوطين جانبيين، بينما يكون المشيج الأنثوي (البيضة) ساكناً وأكبر حجماً كما هو الحال عند الطحلب فيوكس *Fucus sp.*

٧. توجد ظاهرة تبادل الأجيال Alternation of generations عند معظم أجناس الطحالب البنية (ماعدا طحالب رتبة Fucales)، حيث يمكن للبيضة الملقحة Zygote الناشئة نتيجة الإخصاب أن تنمو وتعطي نباتاً بوغياً ثنائي المجموعة الصبغية، تتشكل داخل حوافظه أبواغاً مختزلة (n) Meiospores ساكنة أو متحركة. يمكن لبعض الأبواغ المختزلة أن تنمو معطية نباتات مشيجية أحادية المجموعة الصبغية (n) بعضها مذكر وبعضها الآخر مؤنث. تتشكل على النباتات المشيجية حوافظ جنسية Receptacles تقوم بإنتاج أمشاج مذكورة أو مؤنثة، تعطي الأمشاج بعد التلقيح البيضة الملقحة، وهكذا... الشكل رقم (١١،٢٠).



الشكل رقم (١١،٢٠). ظاهرة تعاقب الأجيال عند بعض الطحالب البنية (G: الطور المشيجي، S: الطور البوغي، R: القسام الخزالي).

### (١١،٧،٤،٢) طحلب فيوكس فيسيكيولوزس *Fucus vesiculosus*

ينتشر هذا الطحلب على السواحل الصخرية الباردة، حيث يوجد بغزارة في مناطق المد والجزر للسواحل الشمالية للمحيط الأطلسي مشكلاً أعشاباً بحرية معمرة قد تعيش حتى خمس سنوات. يتراوح حجم الطحلب ما بين ٠,١ - ٢م، ويبدو جسمه متفرعاً تفرعاً ثنائي الشعب، الشكل رقم (١١،٢١). يتميز الطحلب إلى ثلاثة أجزاء،

جزء قاعدي قرصي الشكل يعرف بالماسك يقوم بتثبيت الطحلب على الصخور البحرية ، ويعلوه جزء شريطي يعرف بالسويقة *Stipe* ، يتفرع في قسمه العلوي مكوناً ما يسمى بالمتورق *Fronde*. يوجد في جسم الطحلب عرق وسطي سميك يمتد من الماسك عبر السويقة إلى جميع أفرع المتورق. توجد على جانبي المتورق مثنائات هوائية *Air bladders* متناظرة ، تساعد في طفو الطحلب وجعله قائماً في الماء ، الشكل رقم (١١، ٢٢).

ينمو الطحلب نحو الأعلى عن طريق خلايا مريستمية قمية ، تتوضع في نهايات الأفرع ، وتنقسم ثنائياً لتعطي فرعين ينمو كل منهما لفترة ، ثم لا يلبث كل منهما أن ينقسم بدوره إلى فرعين جديدين. تحمل نهايات الأفرع الحوافظ الجنسية *Receptacles* التي تبدو على هيئة انتفاخات كروية تُفتح إلى الوسط الخارجي عبر ثقب صغير. يبدو ملمس الطحلب لزجاً بسبب غنى جدران خلاياه بمادة الألجين التي تشكل بعد تشرّبها بالماء طبقة مخاطية تحمي جسم الطحلب من الجفاف بعد أن تنزاح عنه المياه في منطقة المد والجزر.

عند إجراء قطاع عرضي في الشريط الطحلي تظهر ثلاث طبقات رئيسية ،

الشكل رقم (١١، ٢٣) ، تكون من الخارج باتجاه الداخل كما يأتي :

١ — التسيج التمثيلي *Assimilating tissues* : وهي طبقة ذات خلايا صغيرة

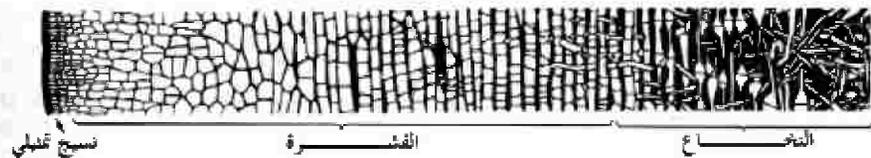
مضلعة غنية بالبلاستيدات الخضراء ، تمثل وظيفتها الرئيسية في القيام بالبناء الضوئي وإنتاج الغذاء.



الشكل رقم (١١، ٢١). طحلب فيوكس فتي (لاحظ التفرع ثنائي الشعب لقمم الأفرع).



الشكل رقم (١١، ٢٢). جزء من متورق طحلب فيوكس معمر (لاحظ المثانات الهوائية).



الشكل (١١، ٢٣). مقطع عرضي في شريط طحلب الفيوكس *Fucus sp.*

- ٢ — القشرة Cortex: وهي طبقة ذات خلايا كبيرة رقيقة الجدران، تقوم بتخزين الغذاء الذي تم تصنيعه في النسيج التمثيلي.
- ٣ — النخاع Medulla: وهي طبقة ذات خلايا خيطية مفككة ومتشابكة، تقوم بتوصيل الغذاء إلى الأجزاء المختلفة من جسم الطحلب.

### التكاثر

هناك نوعان من طرق التكاثر في طحلب الفيكوس، هما كما يلي:

- ١ — التكاثر الخضري: يمكن للطحلب أن يتكاثر عن طريق تفتت جسمه إلى أجزاء صغيرة، يستطيع كل منها أن ينمو مكوناً طحلباً جديداً.
- ٢ — التكاثر الجنسي: يتكاثر هذا الطحلب جنسياً بالتزاوج البيضي Oogamy الذي ينجم عنه تشكل طور وحيد خلال دورة حياة الطحلب وهو الطور البوغي Sporophyte ثنائي المجموعة الصبغية (2n) الذي يشكل جسم الطحلب.
- توجد عند هذا النوع من طحالب الفيكوس الحوافظ الجنسية المذكرة على نبات والمؤنثة على نبات آخر، بينما نجد عند أنواع أخرى لنفس الجنس الحوافظ المذكرة والمؤنثة على نفس النبات، أو قد تكون المحافظة مختلطة، أي أنها تعطي أمشاجاً ذكورية وأخرى أنثوية.
- تبدو الحوافظ الجنسية كروية الشكل وتحتوي في داخلها على أعضاء التذكير (الأنثريدات Anthridia) أو أعضاء التأنيث (أوجونات Oogonia) إلى جوار عدد كبير من الألياف والخيوط العقيمة التي تحيط بها، وتُفتح الحوافظ على الوسط المائي المحيط بفتحات صغيرة.

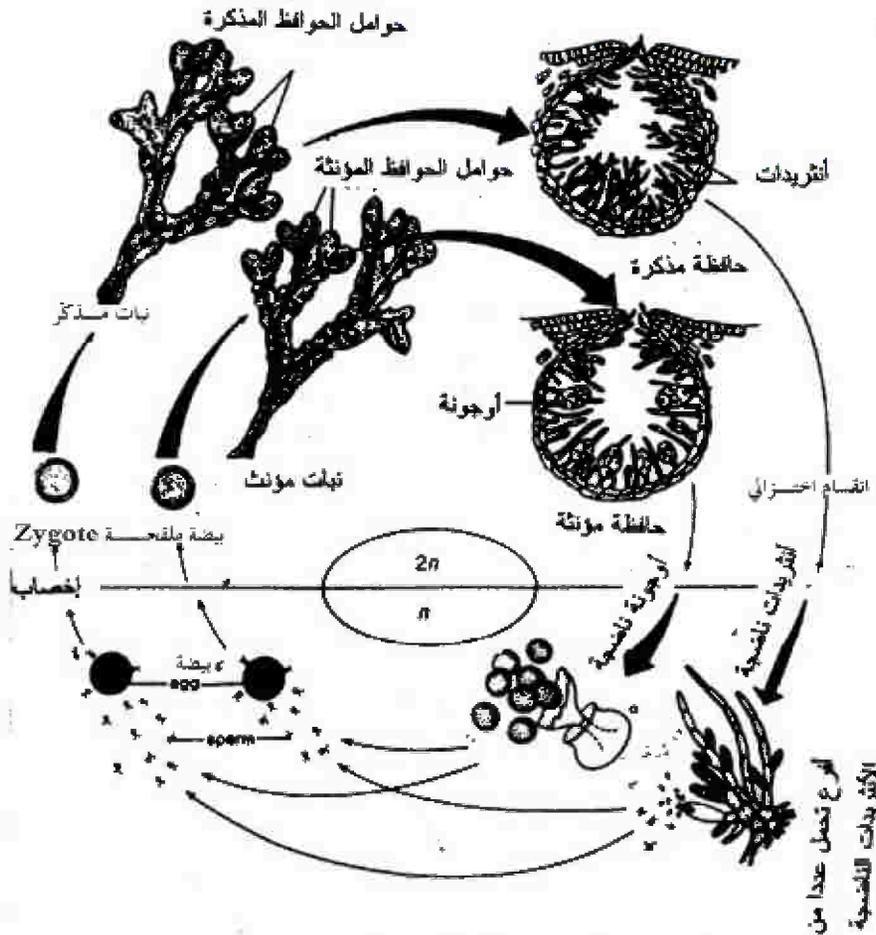
تشكل الأثرثيدات على النبات المذكر داخل الحوافظ الجنسية، تبدو الأثرثيدة بيضاوية الشكل وتكون محمولة على خيوط عقيمة عديمة اللون. تنقسم الأثرثيدة عدة انقسامات اختزالية، ويتحرر منها بعد نضجها عدداً كبيراً من الأمشاج الذكرية (حوالي ٦٤) السابحة بواسطة سوطين جانبيين.

يتشكل داخل الحوافظ الجنسية المحمولة على النبات المؤنث عدداً محدوداً من الأوجونات. تبدو الأوجونة كروية الشكل أيضاً ولكن أكبر حجماً من الأثرثيدة وتكون محمولة على خلية عنقية صغيرة، وتكون الخيوط العقيمة إلى جوارها. تنقسم كل أوجونة عدة إنقسامات اختزالية، ليتشكل في داخلها ثماني بويضات ساكنة. عند نضج الأوجونة تتمزق أغلفتها الخارجية وتحرر منها البويضات في ماء البحر.

بعد تحرر الأمشاج الذكرية السابحة والأثرثيدة ضمن ماء البحر تقوم البويضات بإفراز مادة كيميائية (فيرمون الفيوكوسيراتن *Fucoseiraten*) تجذب الأمشاج الذكرية إليها، ولكن مشيخاً ذكرياً واحداً هو الذي يقوم بإخصابها لتشكل البيضة الملقحة *Zygote*(٢٥)، التي تنمو معطية طحلباً جديداً، الشكل رقم (٢٤، ١١).

### (١١، ٧، ٤، ٣) طحلب إكتوكاربس *Ectocarpus sp.*

ينمو هذا الطحلب في المياه البحرية الشاطئية ملتصقاً بالصخور أو متعلقاً بالنباتات الأخرى، ويتكون ثالوسه من خيوط رفيعة كثيرة التفرع، ويتألف الخيط الواحد من خلايا أسطوانية الشكل ذات جدار غليظ نوعاً ما. تحتوي كل خلية على نواة واحدة وعدد من البلاستيدات الخضراء *Chloroplasts* قرصية أو شريطية الشكل.

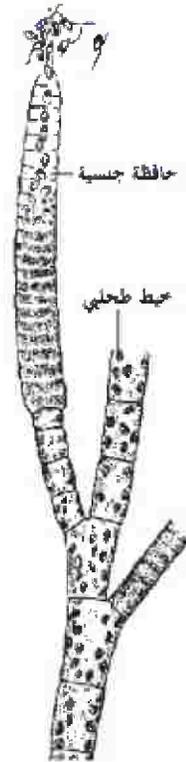


الشكل رقم (١١، ٢٤). التكاثر الجنسي عند طحلب فيوكس فيسيكولوزس *Fucus vesiculosus*. (عن: الغنيم، ١٩٩٦).

ينمو الطحلب بواسطة انقسام الخلايا، ويحدث هذا الانقسام في الخلايا البينية ولذلك يسمى انقساماً بينياً، ويلاحظ أن الخلايا البينية تكون قصيرة بالنسبة لباقي خلايا الخيط وهذا يساعد على معرفة مناطق النمو البيني.



(ب)



(أ)

الشكل رقم (١١، ٢٥). طحلب اكتوكاريوس *Ectocarpus sp.*

(أ) رسم تخطيطي، (ب) صورة تين حافظة جنسية وأجزاء من الخيط الطحلي.

### التكاثر

يمكن لهذا الطحلب أن يتكاثر بطريقتين، هما كما يلي:

١- التكاثر الخضري (اللاجنسي): يتكاثر الطحلب خضرياً بواسطة انفصال

أي جزء من خيوطه، ثم لا يلبث كل جزء أن ينمو إلى طحلب جديد.

كما قد يقوم الطحلب بإنتاج أبواغ ثنائية المجموعة الصبغية (2n) اعتباراً من

حوافظ بوغية خاصة. تسبح الأبواغ بعد نضجها وتحررها من الحوافظ فترة من الزمن

وتستقر بعدها للنمو مكونة النبات الأصلي من جديد. والجدير بالذكر أن هذه الأبواغ السابحة تعطي نباتاً بوغياً Sporophyte عند نموها.

٢- التكاثر الجنسي: تتكون دورة حياة هذا الطحلب من جيلين متعاقبين أحدهما نبات مشيجي Gametophyte أحادي المجموعة الصبغية، وينتج الأمشاج والآخر نبات بوغي Sporophyte ثنائي المجموعة الصبغية، وتعرف هذه الظاهرة باسم ظاهرة تعاقب الأجيال.

يبدو النبات المشيجي على هيئة خيط متفرع، ويحمل في بعض نهايات خيوطه حواظ جنسية Gametangia، تتحرر منها أمشاج قد تكون متشابهة أو متباينة، الشكل رقم (١١،٢٥). بعد تحرر الأمشاج من حافظاتها فإنها تندمج مع بعضها مثنى مثنى، وفي الحالتين يؤدي الاندماج إلى تكوين البيضة الملقحة Zygote.

تنمو البيضة الملقحة مباشرة دون أن تمر في فترة سكون لتعطي نباتاً بوغياً قليل التفرع. يحمل النبات البوغي في مرحلة لاحقة حواظ بوغية تطراً على خلاياها انقسامات اختزالية لتعطي كل منها عدداً كبيراً من الأبواغ المختزلة أحادية المجموعة الصبغية (n). يمكن لكل بوغية مختزلة أن تنمو لتعطي نباتاً مشيجياً، وهكذا تتعاقب دورة الحياة.

#### (١١،٨) الطحالب الحمراء Rhodophyta

يوجد من هذه الطحالب ما يزيد عن ٥٥٠ جنساً تشتمل على حوالي خمسة آلاف نوع، يعيش معظمها ضمن البحار الدافئة (ما عدا ١٥٠ نوعاً في المياه العذبة) على أعماق كبيرة متفاوتة قد تصل إلى ٢٥٠ متراً.

تعود حفريات هذه الطحالب إلى العصر الجيولوجي الكامبري (قبل حوالي ٦٠٠ مليون سنة)، ويساهم بعضها كالطحالب الحمراء الكورالينية Corallinales منذ

ذلك التاريخ في تشكيل الحجر الجيري Limestone في الماء، حيث تقوم بسحب الكالسيوم من الماء وترسبه ضمن جدرها الخلووية وأغمادها الجيلاتينية على هيئة كربونات الكالسيوم، مؤدية مع مرور الزمن إلى تشكيل ترسبات جيرية ضخمة على السواحل، قد تصل سماكة بعضها إلى ٣٠٠ متر. كما تساهم بعض الطحالب الحمراء في تشكيل الشعاب المرجانية Coral reefs ضمن البحار، على الرغم من أن التكوينات الرئيسية لهذه الشعاب تنشأ نتيجة فعاليات الحيوانات الدقيقة الرسوبية، إلا أن هذه الطحالب تفرز ترسبات جيرية تربط المواد الهيكلية للحيوانات المرجانية ببعضها البعض، وفي بعض الشعاب والجزر المرجانية تكون الطحالب الحمراء هي السائدة.

#### (١١،٨،١) أهم الخصائص العامة

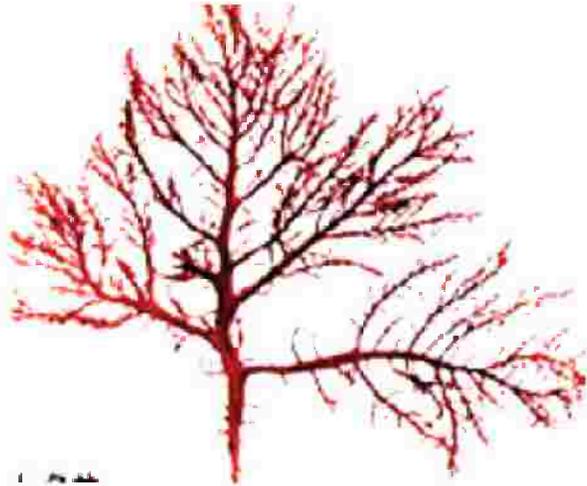
١- تبدو معظم هذه الطحالب حمراء اللون بسبب غزارة الصبغ الفيكوبيليني فيكواريثرين Phycocrytherin ضمن بلاستيداتها الخضراء Chloroplasts. يوجد هذا الصبغ إلى جوار بقية أصباغ البناء الضوئي وأهمها الكلوروفيل أ Chlorophyll a وألفا كاروتين  $\alpha$ -Carotin والزيكسانثين Zeaxanthin، بالإضافة إلى ذلك تحتوي هذه الطحالب على أصباغ فيكوبيلينية Phycobilins أخرى كالفيكوسيانين Phycocyanin وألوفيكوسيانين Allophycocyanin ذوي اللون الأزرق، وفي بعض الأحيان تكون نسبة أحد أو هذين الصبغين الأخيرين كبيرة مما يكسب الطحالب لوناً أخضراً زيتونياً. تتميز الأصباغ الفيكوبيلينية (فيكواريثرين، فيكوسيانين، ألوفيكوسيانين) بأنها أصباغ بناء ضوئي ذات طبيعة بروتينية، ولذلك يُلاحظ تبدل لون هذه الطحالب بعد فترة وجيزة من موتها، بسبب سهولة التحلل وغسل الأصباغ الفيكوبيلينية الموجودة ضمن

بلاستيدياتها بالماء، على خلاف صبغ الكلوروفيل الذي لا ينحل إلا في المذيبات العضوية (Cole and Sheath, ١٩٩٠).

٢. لا تزيد أطوال الطحالب الحمراء عن ٩٠ سم، وتمثل في معظمها نباتات عديدة الخلايا تأخذ أشكالاً متباينة، فمنها المتفرعة الريشية مثل طحلب جيليديوم *Gelidium sp.*، أو الورقية مثل طحلب بورفيرا *Porphyra sp.*، الشكل رقم (١١،٢٦). إلا أن القليل من أجناسها يكون وحيد خلية كالطحلب بورفيريدوم *Porphyridium sp.* الذي تنتشر أنواعه في البحار وعلى الترب الرطبة، حيث تتجمع خلاياه إلى جوار بعضها البعض مفرزة مادة هلامية تجمعها، مشكلة طبقة جيلاتينية حمراء تفرش التربة أو تعلق سطوح الجدران.



بورفيرا *Porphyra sp.*



جيليديوم *Gelidium sp.*

الشكل رقم (١١،٢٦). صورة لاثنتين من الطحالب الحمراء ذوي الأهمية الاقتصادية الكبيرة.

٣. تأخذ البلاستيدات الخضراء أشكالاً مختلفة (نجمية، عسوية، قرصية، ...)، وتختلف من الناحية البنوية عن بلاستيدات الطحالب متغايرة الأسواط في عدة نقاط أهمها:

(أ) تكون بلاستيدات هذه الطحالب محاطة بغشاء بلاستيدي مزدوج لا علاقة له بالشبكة الأندوبلازمية.

(ب) تترتب الثايلاكويدات فيها بشكل طولي متواز متباعدة عن بعضها البعض، أي أنها لا تشكل تكدسات Lamella كما في الطحالب متغايرة الأسواط.

(ج) تترتب على السطح الخارجي لثايلاكويدات بلاستيدات الطحالب الحمراء كريات صغيرة يتراوح قطرها ما بين ٣٠ - ٤٠ نانومتراً، تعرف باسم الفيكوبيليزومات Phycobilisomes توجد ضمنها الأصباغ الفيكوبيلينية.

٤. يمثل النشاء الفلورايدي Floridean starch المادة الغذائية الإدخارية ضمن خلايا هذه الطحالب. يختلف هذا السكر المتعدد عن النشاء الموجود لدى الطحالب الخضراء والنباتات الراقية بأنه لا يحتوي على الشكل الأميلوزي Amylose للنشاء (سلسلة خطية عديدة الجلوكوز غير متفرعة)، بل على الشكل الأميلوبكتيني Amylopectin (سلسلة متفرعة عديدة الجلوكوز). توجد حبيبات النشاء الفلورايدي على السطح الخارجي للبلاستيدات الخضراء ولا تتكدس ضمنها كما هو الحال مع جزيئات النشاء العادي.

٥. يتركب الجدار الخلوي للخلية الطحلبية من جزئين رئيسيين:

(أ) جزء ليفي: يتألف بشكل رئيسي من ألياف لسكاكر متعددة أهمها الزايلان Xylan (سكر عديد الزايلوز Xylose) والمانان Mannan (سكر عديد المانوز Mannose).

(ب) جزء غروي: تنغمس فيه الألياف ويتركب بشكل رئيسي من سكر متعدد لزوج القوام هو الجالاكتان Galactan (سكر عديد الجالاكتوز Galactose)

يتخذ أشكالاً كيميائية مختلفة أهمها الآجار Agar والكاراجين Carrageen. تستخدم هاتان المادتان الغرويتان بشكل كبير في المختبرات الطبية كأوساط زرعية نموذجية في الكشف عن البكتيريا و الفطريات. يعتبر الآجار الذي يستخلص من العديد من أجناس الطحالب الحمراء (منها: جيليديوم *Gelidium* ، جراسيلاريا *Gracilaria* ، بتروكلاديا *Pterocladia*) مادة حافظة للحوم المعلبة، و ذات خواص غروية تدخل في صناعة الحلويات الجيلاتينية والمربيات. يستخرج الكاراجين من نوعي الطحالب الحمراء كوندروس *Mastocarpus* كريسوس *Chondrus crispus* و ماستوكاريوس ستيلاتوس *Stellatus* ، ويدخل في صناعة المواد المثبتة للمستحلبات *Emulsions* والمعلقات *Suspensions* في العديد من الصناعات الغذائية والدوائية والنسجية.

### (١١،٨،٢) التكاثر

يعتبر التكاثر وبالتالي دورة الحياة عند هذه الطحالب معقدة نسبياً، وتلاحظ ظاهرة تبادل الأجيال *Alternation of generations* بين أنماط مختلفة من الأطوار النباتية ثنائية وأحادية المجموعة الصبغية وذلك بحسب جنس الطحلب. تعطي الطحالب الحمراء خلال دورة حياتها أنماطاً مختلفة من الخلايا التكاثرية المفردة العارية غير المزودة بأسواط. تنشأ هذه الخلايا اعتباراً من حوافظ مختلفة وتكون جميعها ساكنة على خلاف خلايا الطحالب متغايرة الأسواط. يمكن بشكل عام التمييز بين الأنماط التالية من الخلايا التكاثرية:

- ١ - أبواغ مفردة أحادية المجموعة الصبغية (1n) *Monospores* : وهي تساهم في التكاثر اللاجنسي، وتشكل كل بوغة داخل حافظة بوغية *Monosporangium* تكون

محمولة على نبات مشيجي Gametophyte (طور طحليبي مستقل) وحيد المجموعة الصبغية (1n). تعطي هذه الأبواغ عند إنباتها نباتات مشيجية جديدة.

٢ - أبواغ ثنائية المجموعة الصبغية (كاربوسبوريات Carpospores): وهي تعتبر من نواتج التكاثر الجنسي واندماج نواة الخلية الذكرية مع نواة الخلية الأنثوية. تتشكل في معظم الأحيان بوغة واحدة داخل حافظة بوغية Carposporangium تكون محمولة على جزء من النبات المشيجي، ويدعى هذا الجزء جونيموكارب Gonimocarp.

٣ - سبلمات ذكرية Spermata وأخرى أنثوية (كاربوجونات Carpogonia). تكون جميع هذه الخلايا أحادية المجموعة الصبغية (1n) ساكنة غير مزودة بالأسواط، وتتشكل داخل حوافظ جنسية مذكرة أو مؤنثة محمولة على النبات المشيجي.

٤ - أبواغ مختزلة Meiospores أحادية المجموعة الصبغية (1n) توجد في رباعيات ضمن حوامل خاصة تدعى الواحدة منها رباعية بوغية Tetrasporangium. تتشكل هذه الأبواغ على النبات البوغي Sporophyte ثنائي المجموعة الصبغية نتيجة انقسام اختزالي بظراً على خلايا حواملها البوغية.

### (١١،٨،٣) تقسيم الطحالب الحمراء

يجري تقسيم الطحالب الحمراء إلى فصيلتين هما: الطحالب الحمراء البانجية Bangiophyceae و الطحالب الحمراء الفلوريدية Floridophyceae. يستند هذا التقسيم الذي تم وضعه من قبل كول و شيس (Cole and Sheath, ١٩٩٠)، إلى بنية جسم الطحلب ودرجة تعقيده بالدرجة الأولى.

### (١١،٨،٣،١) الطحالب البانجية Bangiophyceae

تمثل هذه الطحالب النمط البدائي الأولي للطحالب الحمراء، حيث يكون جسم الطحلب بسيط البنية بدائي التركيب مولفاً من خلايا مستقلة ذات بلاستيدات

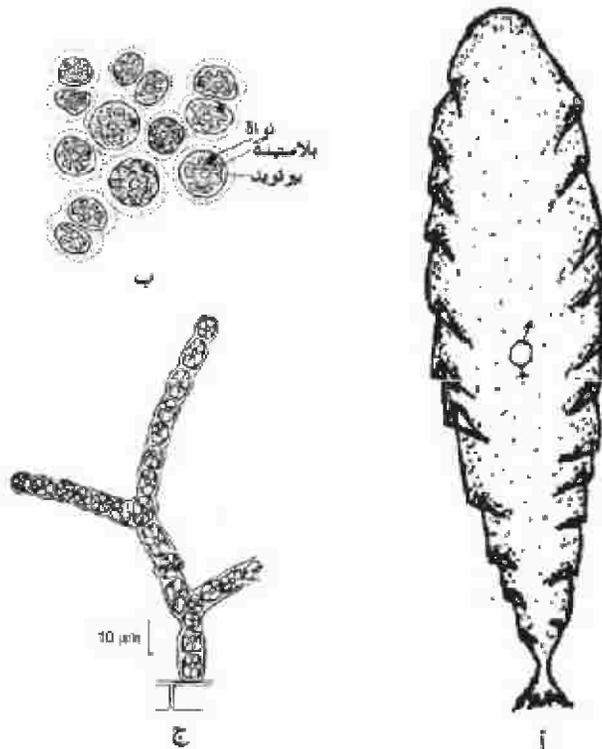
خضراء كبيرة نجمية الشكل. يمكن للخلايا أن تتجمع مع بعضها عن طريق إفرازها لمادة هلامية تجمعها كما هو الحال عند الطحلب بورفيريديوم *Porphyridium sp.* الذي توجد أنواعه في المياه المالحة وفي المياه العذبة وحتى على التربة الرطبة، أو يتألف جسم الطحلب من خيط بسيط متفرع مثل الطحلب كروداكتيلون راموزوم *Chroodactylon ramosum*، أو من ورقة قائمة رقيقة عديدة الخلايا إنما بسماكة خلية واحدة كما هو الحال عند الطحلب بورفيريا *Porphyra sp.* الشكل رقم (١١،٢٧). توجد أنواع الطحلب بورفيريا مثبتة على الصخور الشاطئية، وبخاصة في مناطق المد والجزر. ويجري استزراع النوع بورفيريا تنرا *Porphyra tenera* في اليابان بشكل كبير، حيث يُستخدم في تحضير العديد من أصناف الأطعمة، ولذا فإن هذا النوع يحظى بالكثير من الدراسة والاهتمام.

تعطي الحوافظ الجنسية الذكرية للطحالب البانجية عدداً كبيراً من الأمشاج الذكرية الساكنة (سبرمات) *Spermatia*، التي تنساق بشكل سلمي ضمن الماء، لتندمج إحداها مع النواة البيضية للمشيح الأنثوي (كربوجونة *Carpogone*). لا يختلف شكل الكربوجونة عن شكل بقية الخلايا الخضرية المحيطة بها، حيث أنه لا يوجد لديها نتوء الطرفي المسمى تريكوجين *Trichogynae*. كما لا تقود البيضة الملقحة الناتجة عن هذا التكاثر الجنسي إلى تشكيل الجونيموكارب *Gonimocarop*، كما هو الحال عند الطحالب الحمراء الأكثر رقيماً (الفلوريدية *Florideophyceae*)، و من الملاحظ أيضاً غياب الأبواغ المختزلة عند هذه الطحالب.

#### (١١،٨،٣،٢) الطحالب الفلوريدية *Florideophyceae*

تعتبر هذه الطحالب النمط الأكثر رقيماً من الطحالب الحمراء، حيث يكون جسم الطحلب معقد التركيب وتأخذ أطواره المشيجية أو البوغية أشكالاً مختلفة منها:

ورقية متفرعة ذات انتفاخ على هيئة عرق متوسط كما هو الحال عند الطحلب هيبوجلوسوم *Hypoglossum sp.*، أو مفلطحة قليلاً ومتفرعة كما هو الحال عند الطحلب بوليسيفونيا *Polysiphonia sp.* ذو الانتشار الواسع في العديد من البحار، أو خيطية متفرعة كما هو الحال عند الطحلب جانيا *Jania sp.* الذي يلعب دوراً هاماً في تشكيل الشعاب المرجانية، أو شجيرية صغيرة كما عند الطحلب أكروسيمفيتون *Acrosymphyton sp.* الذي ينتشر بشكل واسع في البحر الأبيض المتوسط، الشكل رقم (١١، ٢٨).



الشكل رقم (١١، ٢٧). بعض أنواع الطحالب الحمراء البانجية *Bangiophyceae*

(أ) بورفيرا *Porphyra tenera* ، (ب) بورفيريديوم *Porphyridium purpureum* ،

(ج) كروداكيلون *Chroodactylon ramosum*

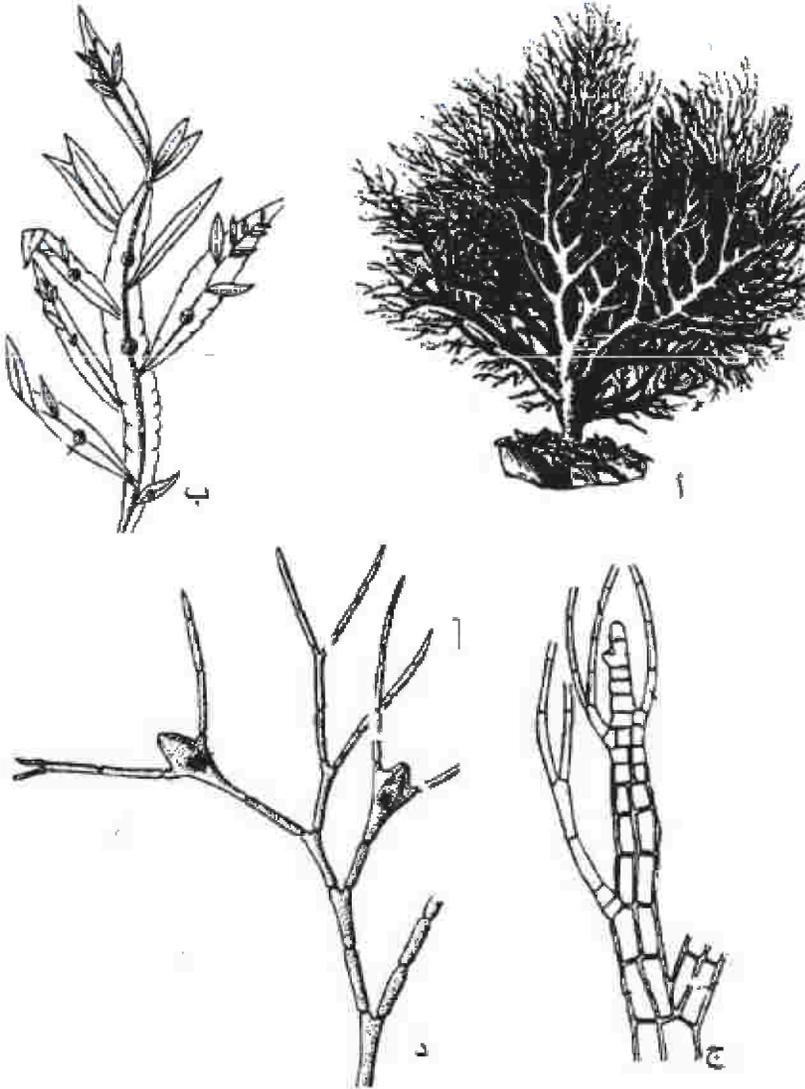
يبدو المشيج الأثوي (الكربوجونة *Carpogone*) مؤلفاً من جزء سفلي منتفخ قليلاً يحتوي بداخله النواة البيضية وجزء علوي متطاوّل (تريكوجين *Trichogynce*) يعمل على التقاط المشيج الذكري. يتشكل داخل كل حافظة جنسية ذكرية مشيج ذكري واحد *Spermatium* على خلاف الطحالب البانجية. تشكل البيضة الملقحة بعد الإخصاب جسماً خاصاً ثنائي المجموعة الصبغية (جونيموكارب *Gonimocarp*). كما تعطي هذه الطحالب خلال دورة حياتها تجمعات لأبواغ رباعية مختزلة *Tetraspores*.

#### طحلب أودونيلا أنفستنس *Audouinella investiens*

يعتبر هذا الطحلب أحد الأنواع القليلة من الطحالب الحمراء الراقية (الفلوريدية *Florideophyceae*) التي تعيش ضمن المياه العذبة، بالرغم من أن معظم الأنواع الأخرى التابعة لجنس أودونيلا هي طحالب بحرية.

يبدو جسم الطحلب على هيئة خيوط ناعمة متفرعة. لقد تمت دراسة دورة حياة هذا الطحلب بشكل كبير، ليس فقط بسبب بساطة بنيتة، بل أيضاً بسبب إمكانية استزراعها وتنميتها مخبرياً. تحتوي دورة الحياة على طورين متشابهين هما النبات المشيجي (1n) والنبات البوغي (2n) اللذان يوجدان ضمن الماء على مدار العام.

دورة الحياة: يعتبر النبات المشيجي (1n) لهذا الطحلب نباتاً أحادي المسكن، حيث تكون الحواظف الجنسية المذكرة والمؤنثة موجودة على نفس النبات. تقوم كل حافظة جنسية مذكرة *Spermatangium* بإنتاج مشيج ذكري (1n) وحيد، يبدو على هيئة خلية شاحبة عارية ساكنة. تتألف كل حافظة جنسية مؤنثة (كاربوجونة *Carpogone*) من قسمين أحدهما علوي متطاوّل يدعى تريكوجين *Trichogynce*، والآخر سفلي منتفخ توجد فيه النواة البيضية (1n).



الشكل رقم (٢٨، ١١). بعض أنواع الطحالب الحمراء الفلوريدية *Florideophyceae*.

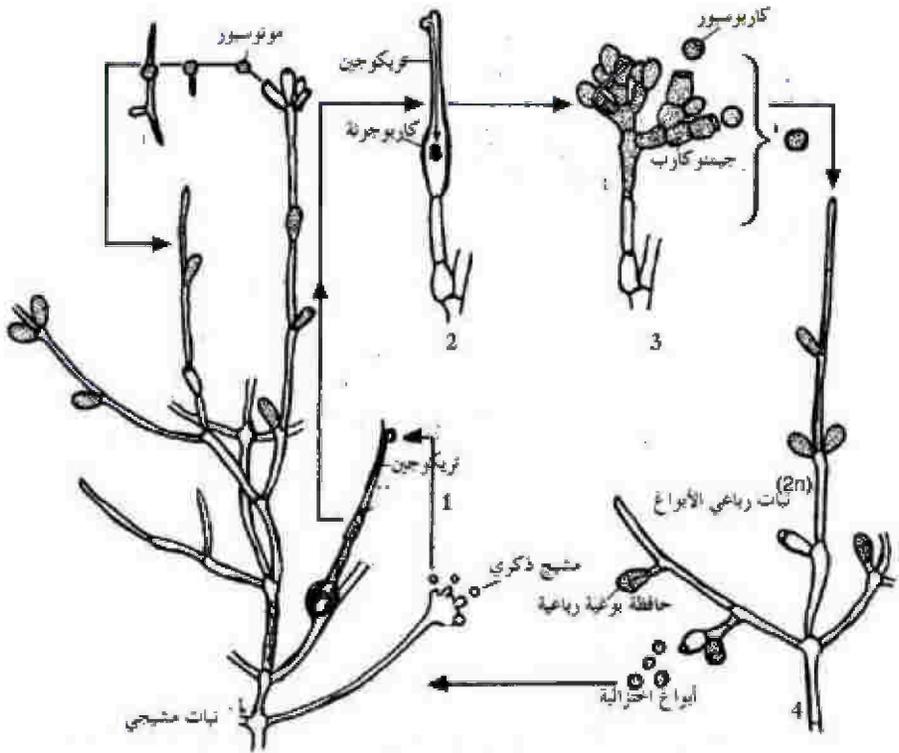
(أ) أكروسيمفيتون *Acrosymphyton purpuriferum* ، (ب) هيبوجلوسوم *Hypoglossum hypoglossoides*

(ج) بوليسيفونيا *Polysiphonia sp.* ، (د) جانيا *Jania adhaerens*

يجري الإخصاب عن طريق انتقال الأمشاج الذكرية Spermata بشكل سلبي محمولة مع الماء إلى أن يتم التقاط إحداها بواسطة القسم المتطاوول (التركوجين) للكربوبجونة الأنثوية. يقوم المشيج الذكري بحقن نواته ضمن التركوجين، فتنقل ضمنه باتجاه الأسفل حتى تصل إل النواة البيضية فتندمج معها. تقوم الكروبجونة التي أصبحت بعد الإندماج النووي ثنائية المجموعة الصبغية (2n) بالانقسام عدة مرات، ثم تنمو معطية جسماً مميزاً يدعى جونيموكارب Gonimocarp، والذي يسمى في بعض المراجع العلمية بالطور الكاربوني Carposporophyte. يتشكل داخل الجونيموكارب عدداً من الحواظ البوغية Carposporangia، ثم تقوم كل حافظة بوغية بإنتاج بوغة وحيدة ثنائية المجموعة الصبغية تدعى كاربوسبور Carpospore.

يمكن لكل بوغة كاربوسبور أن تنقسم وتنمو معطية نباتاً مستقلاً ثنائي المجموعة الصبغية (2n) يدعى بالنبات البوغي رباعي الأبواغ Tetrasporophyte. يطرأ على كل مجموعة رباعية مولدة للأبواغ انقسام اختزالي مؤدياً إلى تشكل أربعة أبواغ مختزلة (1n) Meiospores، يمكن لكل منها أن تنمو معطية نباتاً مشيجياً Gametophyte جديداً أحادي المجموعة الصبغية. بعد نضج النبات المشيجي تتشكل عليه الحواظ الجنسية المذكرة والمؤنثة المولدة للأمشاج التناسلية وبذلك تكتمل دورة الحياة، الشكل رقم (١١،٢٩).

يمكن للنبات المشيجي أن يتكاثر أيضاً لاجنسياً عن طريق تشكيل أبواغ أحادية المجموعة الصبغية (1n) تدعى مونوسبورات Monospores، حيث تستطيع كل بوغة أن تنمو معطية نباتاً مشيجياً جديداً مماثلاً للنبات الأم.



الشكل رقم (٢٩، ١١). دورة حياة الطحلب أودونيلا انفسستس *Audouinella investiens*

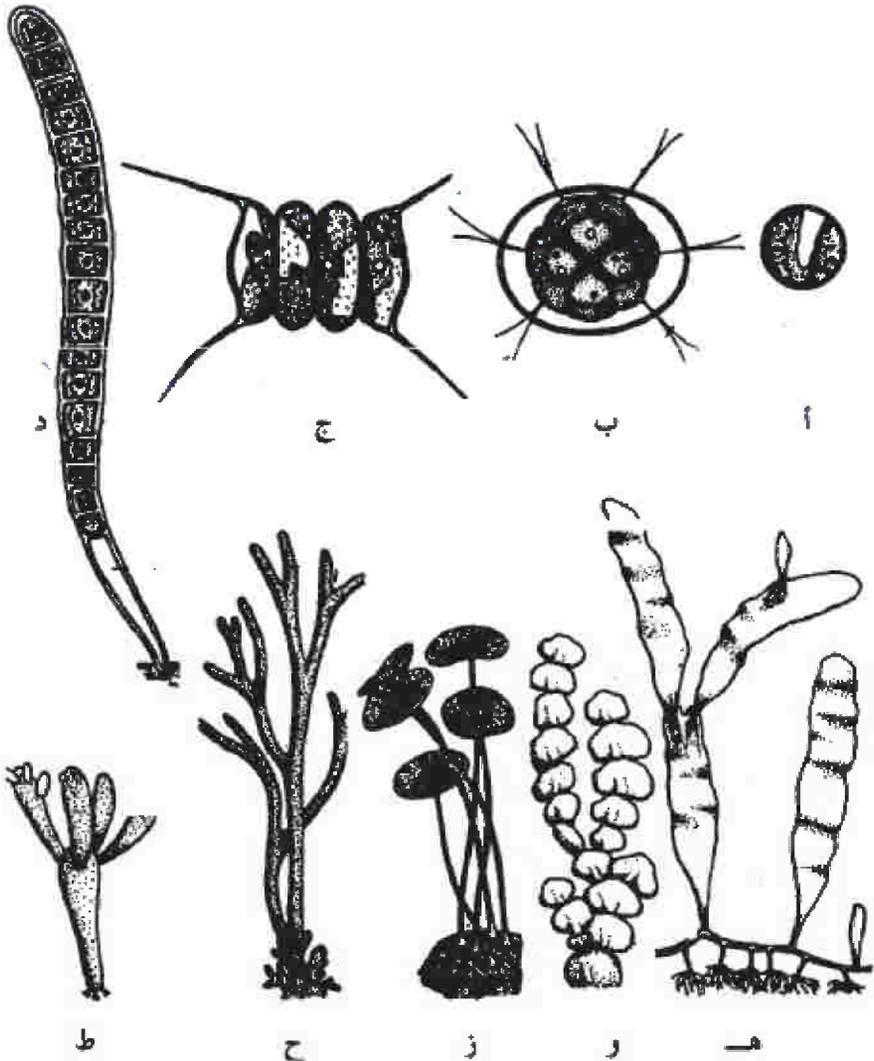
### (١١، ٩) الطحالب الخضراء Chlorophyta

يشتمل هذا القسم على حوالي ثمانية آلاف نوع من الطحالب التي تتوزع ضمن ٥٠٠ جنس، يعيش معظمها (٩٠٪) في المياه العذبة، بينما يعيش القليل منها وبخاصة بعض الأجناس الكبيرة الحجم في المناطق الشاطئية البحرية. كما توجد بعض أجناس الطحالب الخضراء على التربة الرطبة أو متعلقة بجذوع الأشجار، وهنا يصعب على المرء أحياناً تمييزها عن بعض أجناس الحزازيات (Bryophyta) Mosses. و توجد بعض

الأنواع التي تعيش بشكل تكافلي Symbiosis ضمن الأشنات، أو داخل أجسام بعض الكائنات البحرية الصغيرة كالهيدرا *Hydra sp.*

يعزى اللون الأخضر لهذه الطحالب إلى احتوائها على صبغي الكلوروفيل (أ، ب)، اللذين لا يُقنعان بأي من أصباغ البناء الضوئي الملحقة (بيتا كاروتين، فيكواريثرين، فيكوزانتين، ليوتين، نيوزانتين، زيازانتين،.....).

تباين أحجام وأشكال الطحالب الخضراء كثيراً، فهناك الطحالب المجهرية وحيدة الخلية الساكنة مثل كلوريللا *Chlorella sp.*، أو المتحركة مثل كلاميدوموناس *Chlamydomonas sp.*، أو الخلايا كبيرة الحجم التي يصل طولها إلى حوالي ثماني سنتيمترات مثل أسيتابولاريا *Acetabularia sp.* أو قد يكون الطحلب على هيئة تجمعات مؤلفة من عدد متفاوت من الخلايا التي تشكل مستعمرة كروية مصمتة مثل باندورينا *Pandorina sp.*، أو مجوفة متحركة مركبة من عدد كبير من الخلايا مثل الفولفوكس *Volvox sp.*، أو خيطية مثل سينديزمس *Scenedesmus sp.* أو قد يكون الثالوس الطحليبي عديد الخلايا يأخذ أشكالاً خيطية غير متفرعة مثل بولوتريكس *Ulothrix sp.* و سبيروجيرا *Spirogyra sp.*، أو أنبوية مثل فالونيا *Valonia sp.*، أو شبه ورقية بسماكة خلتين مثل أولفا *Ulva sp.* وكاوليريا *Caulerpa sp.*، أو متفرعة ترسب ضمن جذرها كربونات الكالسيوم مثل كارا *Chara sp.*، الشكل رقم (١١،٣٠).



الشكل رقم (٣٠، ١١). بعض أجناس الطحالب الخضراء.

- (أ) كلوريلا *Chlorella sp.*، (ب) باندورينا *Pandorina sp.*، (ج) سينديزمس *Scenedesmus sp.*،  
 (د) يولوتريكس *Ulothrix sp.*، (هـ) كاولرپا *Caulerpa sp.*، (و) هليمدنا *Halimeda sp.*،  
 (ز) أستيابورلاريا *Acetabularia sp.*، (ح) كوديوم *Codium sp.*، (ط) فالونيا *Valonia sp.*

يشتمل قسم الطحالب الخضراء من الواجهة التصنيفية الحديثة على عشر فصائل

(عوائل) هي:

- ١ - فصيلة Chlorophyceae
- ٢ - فصيلة Ulvophyceae
- ٣ - فصيلة Cladophorophyceae
- ٤ - فصيلة Bryopsidophyceae
- ٥ - فصيلة Dasycladophyceae
- ٦ - فصيلة Trentepohliophyceae
- ٧ - فصيلة Pleurostrophyceae
- ٨ - فصيلة Klebsormidiophyceae
- ٩ - فصيلة Zygnematophyceae
- ١٠ - فصيلة Charophyceae

#### (١، ٩، ١١) أهم الخصائص العامة

بالرغم من فصائلها المختلفة وتنوعها الهائل تشترك جميع الطحالب الخضراء بمجموعة من الصفات التي تجمعها سوية في هذا القسم، وأهم هذه الخصائص هي:

١- تحمل الخلايا المتحركة (جسمية أو جنسية) عادة سوطين متشابهين بنوياً وأحياناً أربعة أسواط متساوية الطول، (بغدادى، ١٩٧٤م).

٢- تُحاط البلاستيدات الخضراء بغشاء بلاستيدي مضاعف مستقل لا يتصل مع أغشية النواة أو الشبكة الأندوبلازمية Indoplasmatic reticulum. يمكن للأغشية الثايلاكويدية Thylakoids أن تتكدس فوق بعضها ضمن البلاستيدة (٢- ٦ أغشية) مشكلة حبيبات الغرانا Grana.

٣. يعتبر النشاء هو الشكل الادخاري للغذاء والنتاج النهائي للبناء الضوئي، حيث يتم تخزينه ضمن بيرنويدات Pyrenoids (حبيبات نشوية - بروتينية). توجد البيرنويدات ضمن البلاستيدات الخضراء Chloroplasts، وتبدو تحت المجهر على هيئة حبيبات كروية أو بيضاوية، يمكن لها أن تتلون بالأزرق بسهولة بعد معالجة الخلية بمحلول يوديد البوتاسيوم.

٤. تُحاط خلايا العديد من الأنواع الطحلبية بجدار خلوي متماسك. يتألف هذا الجدار بنيوياً من جزء ليفي متماسك مؤلف في معظم الأحيان من ألياف سليولوزية، ينغمس في جزء مخاطي مؤلف من مجموعة من السكريات المتعددة التي يختلف تركيبها بحسب الفصيلة الطحلبية. تُشير بعض الأبحاث إلى إمكانية احتواء الجدار الخلوي للطحالب الخضراء على بروتينات (جليكوبروتينات) ضمن تركيبه الكيميائي، كما هو الحال لدى النباتات الراقية.

٥. يكون الثالوس في معظم الطحالب الخضراء أحادي المجموعة الصبغية (١n)، ولا يمثل الطور ثنائي المجموعة الصبغية (٢n) إلا مرحلة قصيرة جداً (فقط مرحلة البيضة الملقحة) من دورة حياة الطحلب، وذلك باستثناء الفصائل الطحلبية الثلاث الأولفية Ulvophyceae الكلاذوفورية Cladophorophyceae، الترتبوهيلية Trentepohliophyceae. حيث إنه يوجد خلال دورة الحياة لديها طوران نباتيان متناوبان (طور مشيجي ١n وطور بوغي ٢n)، وهي بذلك تُبدي تشابهاً قوياً مع المجموعات النباتية الراقية (الحزازيات Bryophyta والتريديات Pteridophyta).

٦. تمر البيضة الملقحة لدى الطحالب الخضراء التي تعيش ضمن المياه العذبة بفترة سكون تختلف مدتها، وتحيط نفسها بغلاف سميك. وهذا يعتبر نمطاً من التأقلم للتغلب على الظروف البيئية غير المناسبة للوسط، حيث تتحلل المواد العضوية في قاع

البحيرة أو الوسط المائي مؤدية إلى تسمم البيئة، كما أن المسطحات المائية العذبة عرضة للجفاف. بينما لا تمر البيضة الملقحة بفترة سكون ولا تُحاط بغلاف سميك عند الطحالب البحرية الخضراء (الفصائل *Ulvophyceae* ، *Cladophorophyceae* ، *Dasycladophyceae*).

سيتم التطرق في هذا الكتاب إلى الفصائل الطحلبية التالية :

الخضراء *Chlorophyceae* ، الأولفية *Ulvophyceae* ،  
الزيجنيمية *Zygnemmatophyceae* ، الكارية *Charophyceae*.

### (١١,٩,٢) فصائل الطحالب الخضراء

#### (١١,٩,٢,١) الطحالب الخضراء *Chlorophyceae*

تعتبر هذه الفصيلة أكبر فصائل الطحالب الخضراء، حيث تضم حوالي ٢٦٥٠ نوعاً يتوزعون في ٣٥٥ جنساً. تعيش معظم هذه الأنواع في المياه العذبة، وبعضها على التربة الرطبة، والقليل منها في المياه المالحة. تتباين أشكال وأحجام الطحالب في هذه الفصيلة بشكل كبير، فمنها الطحالب وحيدة الخلية، ومنها وحيدات الخلية المتجمعة في مستعمرات، ومنها الطحالب عديدة الخلايا. نذكر فيما يلي بعض الأمثلة عن كل نمط من أنماط هذه الطحالب، الشكل رقم (١١,٣١):

١- طحالب حرة وحيدة خلية ساكنة: مثل كلوريللا *Chlorella sp.*

وكلوروكوكم *Chlorococcum sp.*

٢- طحالب حرة وحيدة خلية متحركة: مثل كلاميدوموناس *Chlamydomonas*

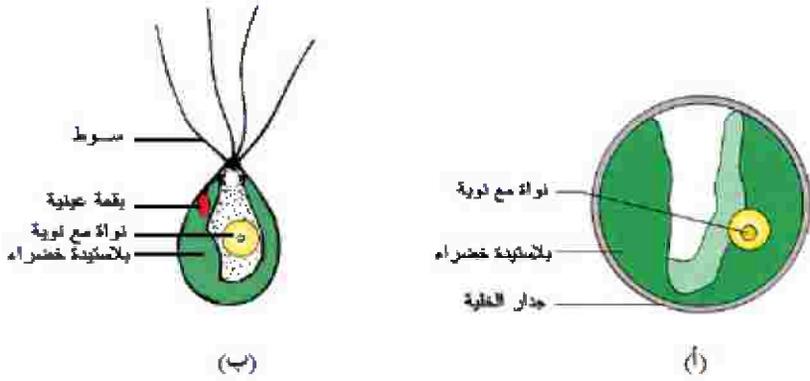
*sp.* و كارتيريا *Carteria sp.*

- ٣- طحالب وحيدة خلية متجمعة على هيئة مستعمرات : مثل فولفوكس *Volvox sp.* وبيدياستروم *Pediastrum sp.* و باندورينا *Pandorina sp.*
- ٤- طحالب عديدة الخلايا: ذات أشكال خيطية (مثل يورونيما *Uronema sp.* و أودوجونيم *Oedogonium sp.*)، أو أنبوية (مثل اتراتومورفا *Atractomorpha sp.* و هيدروديكتيون *Hydrodictyon sp.*).

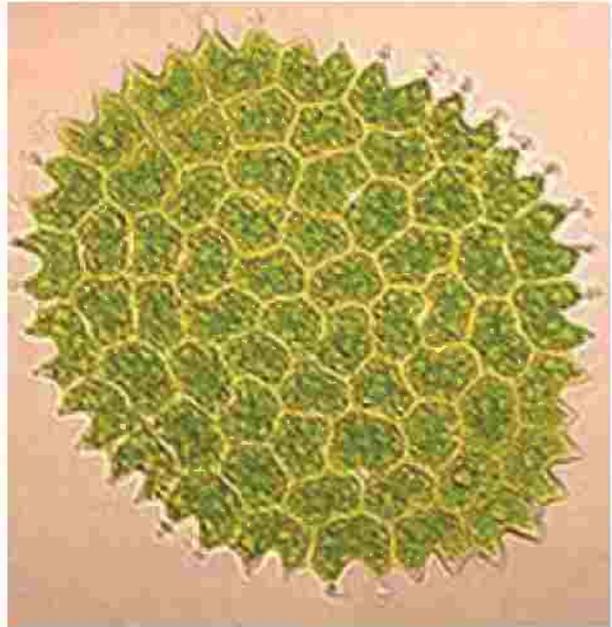
تُحاط خلايا الأنواع الطحلبية المتحركة بجدار خلوي يدخل البروتين في تركيبه بشكل رئيسي على هيئة جليكوبروتين *Glycoprotein*. بينما يكون الجدار الخلوي أكثر قسوة عند الأجناس غير المتحركة، ويتألف من مجموعة من السكريات المتعددة *Polysaccharides*، حيث أمكن الكشف عن وجود السليلوز في بنية الجدار لدى بعض الأنواع الخيطية من الطحالب الخضراء. تعتبر دورة حياة معظم الطحالب الخضراء أحادية المجموعة الصبغية *Haploid life cycle*. ويحدث التكاثر الجنسي عن طريق تشكيل أمشاج بعضها أكلها سايحة، مزودة بسوطين أو أربعة، تخرج من مقدمة الخلية. تتشكل البيضة الملقحة بالإخصاب، ثم لا تلبث أن تُحيط نفسها بجدار سميك مميز مقاوم للظروف الخارجية القاسية.

#### طحلب كلاميدوموناس *Chlamydomonas sp.*

يمثل هذا الطحلب أحد الطحالب الخضراء وحيدة الخلية المتحركة بواسطة الأسواط. ويضم جنس الكلاميدوموناس عدداً كبيراً من الأنواع (حوالي ٦٠٠ نوع)، التي يعيش معظمها في المياه العذبة، وخاصة مياه البرك والمستنقعات، وفي الحفر التي تمتلئ بمياه المطر في الشتاء فيكسبها لونا أخضراً. وإذا فحصنا نقطة من تلك المياه تحت المجهر، لأمكننا مشاهدة تلك الكائنات الدقيقة وهي في حالة نشطة تدل عليها حركتها السريعة. وإذا أردنا دراسة تركيب هذا الطحلب، يستحسن قتله أولاً عن طريق إضافة القليل من محلول مخفف لليود المذاب في أيوديد البوتاسيوم.



(د)



(ج)

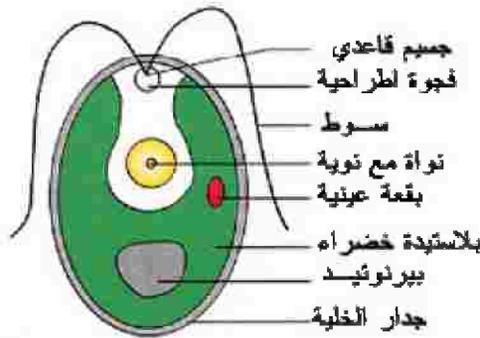
الشكل رقم (٣١، ١١). بعض أنواع فصيلة الطحالب الخضراء.

١- وحدة الخلية: (أ) كلوريللا *Chlorella sp.*، (ب) كارتيريا *Carteria sp.*

٢- مستعمرات: (ج) بيدياستروم *Pediastrum sp.*

٣- عديدة الخلايا خيطية: (د) أودوجونيم *Oedogonium sp.*

تبدو خلية هذا الطحلب بيضية إلى كمثرية الشكل ، تحمل سوطين أماميين متساويين يساعدان الطحلب على الحركة إلى الأمام وإلى الخلف. تُغلف الخلية بجدار خلوي يبطنه السيتوبلازم ، وتنغمس فيه بلاستيدة خضراء كأسية الشكل ، يوجد في جهتها الخلفية بيرنويد Pyrenoid ، يتكدس النشاء حوله على هيئة صفيحات دقيقة. تكون النواة أحادية المجموعة الصبغية (1n) ، وتنغمس ضمن السيتوبلازم في وسط الخلية. توجد في الخلية الطحلبية فجوة أو فجوتان متقبضتان Contractile vacuoles ذات وظيفة إطراحية ، بالإضافة إلى نقطة حمراء تسمى البقعة العينية Eye spot ، الشكل رقم (١١،٣٢). تمثل هذه البقعة جزءاً متحوراً من السيتوبلازم شديد الحساسية للضوء ، يفيد في توجيه الخلية الطحلبية باتجاه الضوء.



الشكل رقم (١١، ٣٢). خلية خضرية لطحلب كلاميديموناس *Chlamydomonas sp.*

**التكاثر:** كما هو الحال عند العديد من الطحالب الخضراء يمكن لطحلب الكلاميديموناس أن يتكاثر لا جنسياً أو جنسياً وذلك وفقاً لما يلي:

١- التكاثر اللاجنسي: يحدث هذا التكاثر مع توقف الخلية عن الحركة واستقرارها، ثم تكورها وفقدانها لأسواطها. تتكمش في المرحلة اللاحقة محتويات

الخلية قليلاً عن الجدار الخلوي، وتبدأ النواة (١٥) بالانقسام ميتوزياً، ثم تنقسم بقية محتويات الخلية إلى قسمين، ثم إلى أربعة أقسام، و أحياناً إلى ثمانية أقسام. يتشكل لكل قسم سوطان، ويتحول كل منها إلى بوغة سائجة Zoospore تشبه الخلية الأم في التركيب، إلا أنها أصغر منها حجماً.

تبقى الأبواغ فترة من الزمن داخل الخلية الأم، ثم لا تلبث أن تمزقها وتحرر منها سائجة ضمن الماء كأفراد جديدة لهذا الطحلب. تتكرر هذه العملية في الظروف البيئية المناسبة مرة كل ٢٤ ساعة، مما يؤدي إلى إنتاج أعداد هائلة من هذا الطحلب خلال فترة وجيزة، وهذا هو السبب في الاضرار السريع للمياه الراكدة عقب هطول الأمطار.

عندما تكون الظروف البيئية غير مناسبة (مع بدء جفاف الماء مثلاً) فإنه تتشكل داخل الخلايا غير المتحركة أبواغ عديمة الأسواط لا تستطيع السباحة، وتبقى داخل الخلية الأم لا تغادرها، ثم لا يلبث أن يتغلظ جدار الخلية الأم، وكذلك جدار كل بوغة تدريجياً تغلظاً مخاطياً Mucilaginous، ثم تبدأ محتويات كل بوغة بالانقسام إلى أربعة أقسام، مما يؤدي إلى تشكل عدد كبير من الخلايا الساكنة داخل الخلية الأم، وتعرف هذه الحالة بالطور البالميلي Palmella stage، ولقد جاءت هذه التسمية نتيجة الاعتقاد الذي كان سائداً، بأن هذا الطور لا علاقة له بطحلب الكلاميدوموناس، بل هو عبارة عن طحلب آخر يُسمى بالميليا (Fryxell, ١٩٨٣).

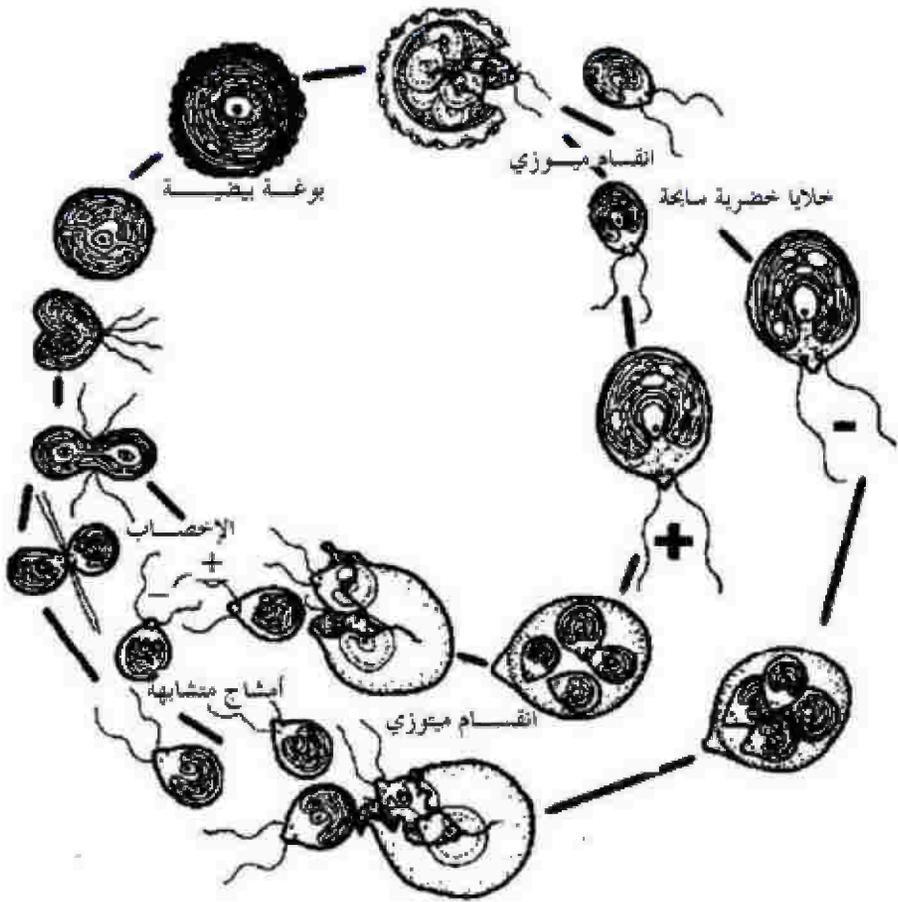
مع تحسن الظروف البيئية وتوفر الماء في الوسط المحيط، لا يلبث أن يتشكل لكل بوغة سوطان. تتحرر بعد ذلك الأبواغ السائجة من الخلية الأم وتعيد دورة الحياة من جديد.

٢- التكاثر الجنسي: يعتبر التكاثر الجنسي نادر الحدوث، فهو يتم عند حوالي ١٠٪ من أنواع هذا الطحلب عن طريق تكوين أمشاج إما متشابهة Isogametes ، أو متغايرة بنويًا وفسيلوجيًا Heterogametes، تتكون داخل الخلية الأم بنفس الطريقة التي تتشكل فيها الأبواغ السابحة، إلا أن هذه الأمشاج تكون أصغر حجماً وأكبر عدداً.

بعد تحرر الأمشاج في الوسط تندمج مع بعضها في أزواج ويكون الاندماج إما جانبياً أو رأسياً، لتشكل نتيجة ذلك بيوض ملقحة ثنائية البقع العينية (كل بقعة من أحد الأمشاج). تندمج بعد فترة وجيزة من الزمن النواتان مع بعضهما لتصبح البيضة الملقحة ثنائية المجموعة الصبغية (2n). تسبح هذه البيضة بواسطة أسواطها الأربعة لفترة من الزمن، ثم لا تلبث أن تستقر وتحيط نفسها بجدار سميك يحتوي على بعض التزيينات الشوكية الخارجية، وتتحول إلى بيضة ملقحة بوغية (بوغة بيضية) Zygosporo مقاومة للظروف البيئية القاسية، لا تلبث أن تترسب في قاع المستنقع.

لقد وجد في حالة الأمشاج المتشابهة أن بعض الأمشاج لا يمكن لها أن تندمج مع بعضها، بينما تندمج مع أمشاج تعود إلى خلية طحلبية أخرى، عندها لا بد في هذه الحالة من التفريق بين أمشاج موجبة وأخرى سالبة، بحيث يمكن القول أن الأمشاج التي لم تندمج مع بعضها هي متشابهة بنويًا وفسيلوجيًا (إما موجبة أو سالبة)، بينما الأمشاج التي اندمجت مع بعضها هي متشابهة بنويًا ولكن متغايرة فسيلوجيًا (بعضها موجب والبعض الآخر سالب).

مع توفر الظروف البيئية المناسبة تنشط الأبواغ البيضية، وتنقسم انقسامين أولهما اختزالي، ويتبع ذلك أربعة أبواغ سابحة، تتحرر ضمن الماء، وتنمو ليكون كل منها طحلباً جديداً، الشكل رقم (١١،٣٣).



الشكل رقم (١١، ٣٣). التكاثر الجنسي عند طحلب كلاميدوموناس *Chlamydomonas sp.*

### طحلب فولفو كس *Volvox sp.*

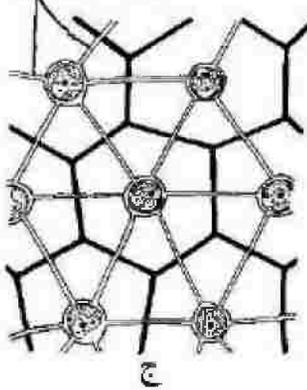
يتنشر هذا الطحلب في المياه العذبة الراكدة، ويزدهر عادة في السبرك والمستنقعات خاصة في فصل الربيع. يمكن أحياناً رؤية الطحلب بالعين المجردة، حيث أنه يبدو على هيئة مستعمرة طحلبية كروية الشكل، تتراوح

أبعادها ما بين ٠,٥ - ١,٥ ملم. وتشبه كل خلية من خلايا مستعمرة الفولفوكس خلية طحلب الكلاميدوموناس، حيث يمكن تمييز نواة وزوج من الأسواط المتماثلة، وفجوتين إطراحييتين (إخراجيتين) أو أكثر، وبقعة عينية، وبلاستيدة خضراء Chloroplast في كل خلية جسمية، الشكل رقم (١١,٣٤).

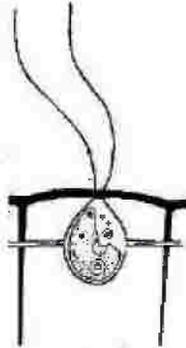
يتباين عدد الخلايا ضمن المستعمرة الواحدة ما بين ٥٠٠ إلى عدة آلاف (٦٠ ألف خلية عند النوع *Volvox rousselletii*)، وتكون الخلايا مرتبطة مع بعضها بروابط سيتوبلازمية أو بروتوبلازمية، وتكون كل خلية محاطة بغلاف مخاطي خاص بها، كما تكون المستعمرة مليئة بسائل مخاطي.

تبدي خلايا المستعمرة درجة كبيرة من التعاون والتنسيق فيما بينها، وبذلك يمكن للمستعمرة أن تتحرك في الماء في اتجاه محدد كوحدة متكاملة، بفعل تحريك أسواط كل الخلايا بصورة متناسقة. كما يُلاحظ عند مستعمرة الفولفوكس أيضاً قدر كبير من التمايز والتخصص بين الخلايا، حيث تشغل معظم جسم المستعمرة خلايا صغيرة الحجم (خلايا جسمية Somatic cells) غنية بالبلاستيدات الخضراء والبقع العينية، مسؤولة عن التغذية والحركة، وهي تتركز في القطب الأمامي للمستعمرة (القطب الذي تتم الحركة باتجاهه)، بينما توجد خلايا كبيرة الحجم (خلايا جونيديّة Gonidial cells، أشريدات Anthridia، أو جونات Oogonia) مسؤولة عن التكاثر، توجد في القطب الخلفي للمستعمرة متناثرة بين خلايا جسمية. وبأخذ هذا التمايز وذلك التنسيق بين الخلايا بعين الاعتبار، يمكن القول أن كرة الفولفوكس ليست تجمعاً للخلايا، بل هي إلى حد ما كائن عديد الخلايا.

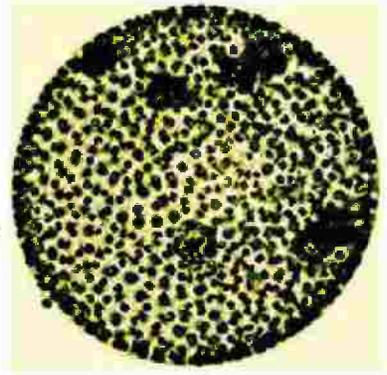
روابط سيتوبلازمية



ج



ب



أ

الشكل رقم (١١،٣٤): طحلب الفولفوكس *Volvox sp.*

(أ) مستعمرة طحلبية مع ٦ مستعمرات فتية

(ب) خلية من المستعمرة مع روابط سيتوبلازمية مع الخليتان المجاورتان

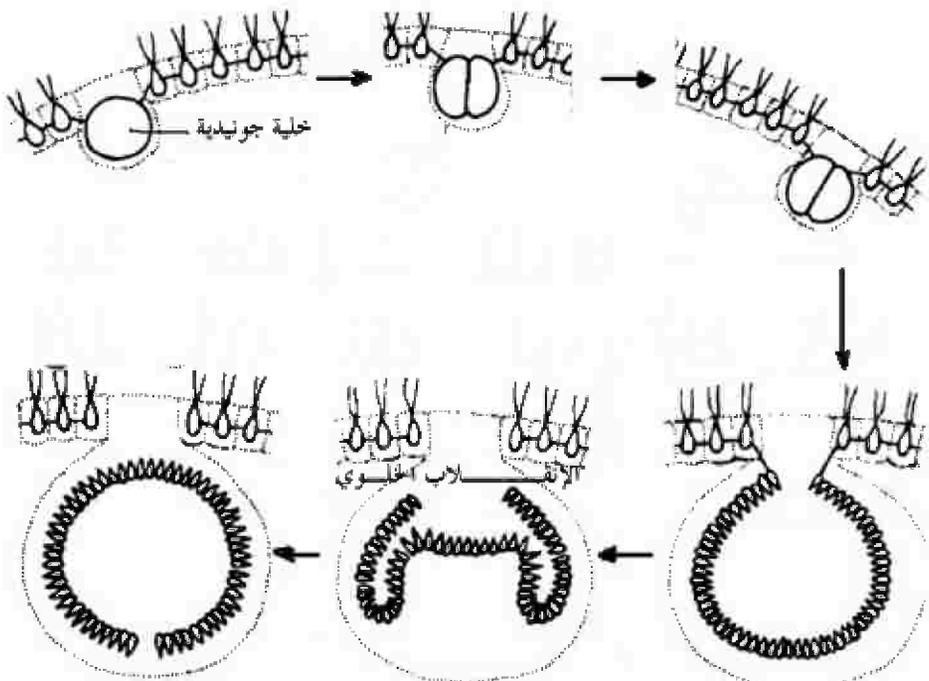
(ج) طريقة ارتباط الخلايا مع بعضها

التكاثر: يتكاثر طحلب الفولفوكس بطريقتين، هما كما يأتي:

١- التكاثر اللاجنسي: يبدأ التكاثر اللاجنسي مع انقسام بعض الخلايا

الجوئيدية الموجودة في الناحية الخلفية من المستعمرة الأم انقسامات طولية عديدة مؤدية إلى تشكيل عدد كبير من الخلايا المتراسة إلى جانب بعضها بشكل محاسي. تبدأ بعد ذلك الخلايا الجديدة الوليدة بالانقلاب على نفسها (١٨٠ درجة)، مشكلة مستعمرة فتية على هيئة كرة صغيرة، تكون أسواط خلاياها متجهة للخارج. عندما تبلغ المستعمرات الفتية درجة من النمو فإنها تنفصل عن بقية خلايا المستعمرة و تتوضع ضمن السائل داخل المستعمرة الأم. تتشكل بهذه الطريقة العديد من المستعمرات الفتية التي تبدو

على هيئة كرات صغيرة، لا تلبث في مرحلة لاحقة ومع تحلل المستعمرة الأم أن تنفصل عنها، وتنمو بشكل مستقل، الشكل رقم (١١،٣٥).



الشكل رقم (١١،٣٥): مراحل التكاثر اللاجنسي عند طحلب القولفوكس *Volvox sp.*

٢- التكاثر الجنسي: تحتوي بعض المستعمرات الطحلبية في نهايتها الخلفية على خلايا كبيرة الحجم متخصصة بإنتاج الأمشاج التناسلية (ذكورية = أنثريدات *Antheridia*، و أنثوية = أوجونات *Oogonia*) التي يمكن أن تكون معاً ضمن نفس المستعمرة، أو يوجد كل منهما ضمن مستعمرة مستقلة. يتم تشكيل هذه الخلايا الجنسية ضمن المستعمرة بفعل هرمون جنسي (جليكوبروتيد *Glycoprocid*)، يتم إفرازه

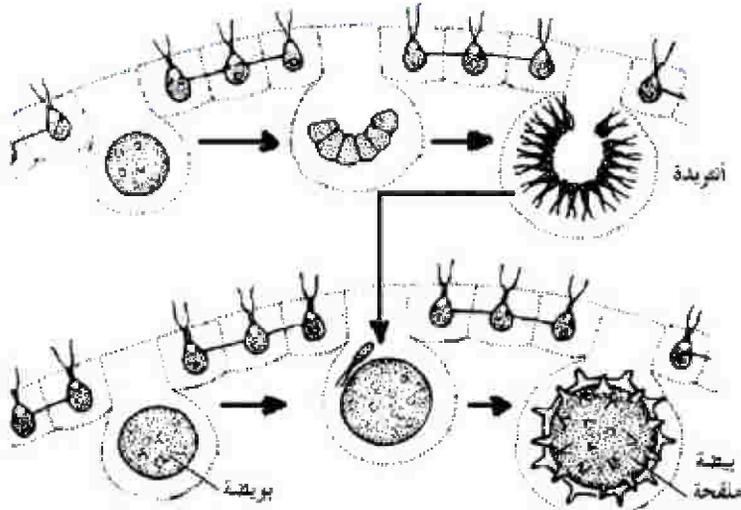
مع نضوج المستعمرة الفتية، أما إذا كان الهرمون الجنسي غائباً عند المستعمرة فإنها لا تستطيع تشكيل خلايا تناسلية وتكاثر دوماً لاجنسياً.

مع بدء عملية التكاثر تنقسم الأثريدات عدة انقسامات متتالية مشكلة أعداداً كبيرة من الأمشاج الذكرية السابحة بواسطة سوطين، وتبدو هذه الأمشاج ملونة بلون أصفر. مع نضج الأوجونات فإنه تتشكل بداخل كل منها بويضة واحدة، تبدو ذات لون أخضر.

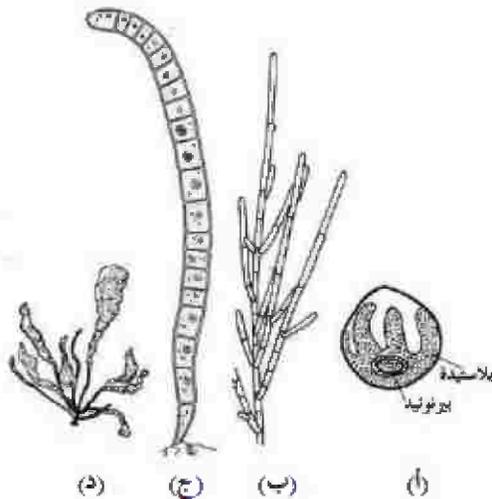
عندما تنضج الأثريدات فإنها تحرر أعداداً كبيرة من الأمشاج الذكرية، التي تسبح في الماء وتدخل إلى الأوجونات، لكن مشيخاً ذكراً واحداً هو الذي يقوم بإخصاب البويضة التي تتحول إلى بيضة ملقحة Zygote ثنائية المجموعة الصبغية (2n)، لا تلبث أن تحيط نفسها بجدار سميك يحمل تنوعات مميزة. تمر البيضة الملقحة بفترة سكون ضمن المستعمرة الأم، ومع هلاك وتحلل هذه الأخيرة، تبدأ البيضة الملقحة بالانقسام اختزالياً، يلي ذلك عدة انقسامات ميتوزية، مما يؤدي إلى تشكل عدد كبير من الخلايا الصغيرة (n)، التي تتجمع مع بعضها مكونة مستعمرة جديدة، الشكل رقم (١١، ٣٦).

#### (١١، ٩، ٢، ٢) الطحالب الأولفية Ulvophyceae

تضم هذه الفصيلة حوالي ٣٥ جنساً، ينطوي تحتها ٢٦٥ نوعاً. تعيش معظم هذه الأنواع في البحار، ماعدا القليل منها التابعة لكل من جنسي يولوثريكس *Ulothrix* و انترومورفا *Enteromorpha* التي توجد في المياه العذبة. تتنوع الأفراد التابعة لهذه الفصيلة فمنها طحالب وحيدة خلية (مثل طحلب كلوروسيستس *Chlorocystis sp.*)، ومنها طحالب أنبوية حيث يكون جسم الطحلب على هيئة مدمج خلوي عديد النوى (مثل طحلب أكروسيفونيا *Acrosiphonia sp.*)، ومنها طحالب عديدة الخلايا (مثل طحالب يولوثريكس *Ulothrix sp.* وأولفا *Ulva sp.* و انترومورفا *Enteromorpha sp.*)، الشكل رقم (١١، ٣٧).



الشكل رقم (١١، ٣٦). مراحل التكاثر الجنسي عند طحلب فولفوكس *Volvox sp.*



الشكل رقم (١١، ٣٧). بعض أنواع الطحالب الأولقية

١- وحيد الخلية: (أ) كلوروسيسستيس *Chlorocystis cohnii* ؛ ٢- عديدة الخلايا: (ب) أكروميسفونيا

*Enteromorpha compressa*، (ج) بولوثريكس *Ulothrix sp.*، (د) الترومورفا *Enteromorpha compressa*.

إلا أن جميع الخلايا الجسمية لهذه الأفراد تشترك مع بعضها في أنها غير متحركة وعديمة الأسواط. تحتوي كل خلية على نواة وبلاستيدة خضراء كأسية الشكل ، تحتوي على حبيبة بيرنويد Pyrenoid واحدة أو أكثر. تُحاط الخلية كذلك بجدار خلوي يتألف أساساً من مجموعة من السكريات المتعددة.

تتكاثر الطحالب الأولفية جنسياً ولا جنسياً. يكون الثالوس الطحلبي عند الأجناس التي تتكاثر لاجنسياً دوماً أحادي المجموعة الصبغية (1n) ، ويكون التكاثر اللاجنسي لديها مسبقاً دوماً بانقسام ميتوزي.

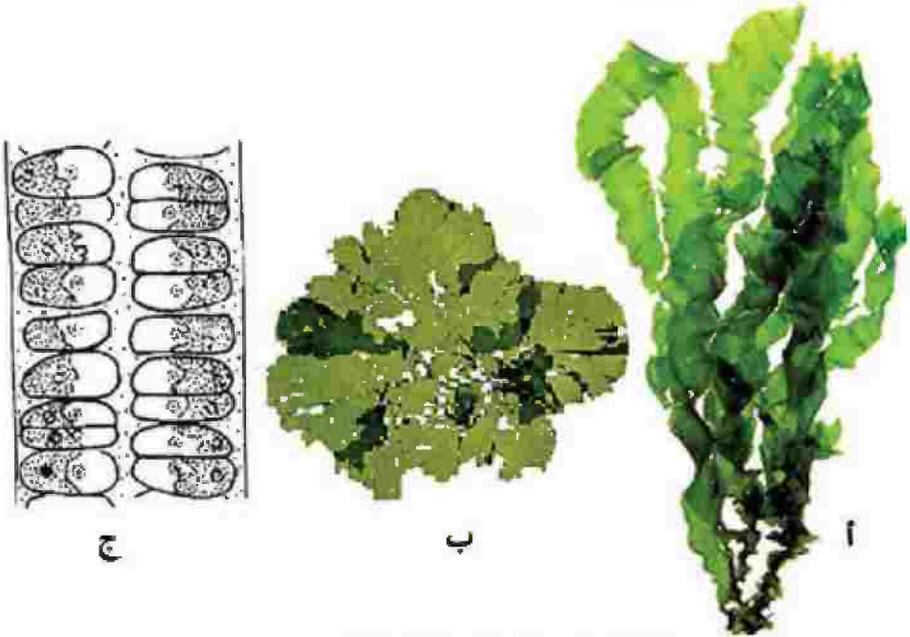
بينما تُميز عند الأجناس التي تتكاثر جنسياً طورين نباتيين مستقلين ، هما النبات البوغي (2n) Sporophyte والنبات المشيجي (1n) Gametophyte. ينتهي الطور المشيجي بتشكيل البيضة الملقحة (2n) Zygote ، التي يكون جدارها الخلوي رقيقاً ، ولا تمر بفترة سكون ، بل تنمو مباشرة لتعطي نباتاً بوغياً. وهكذا فإن دورة حياة هذه الأجناس هي من النمط أحادي - ثنائي المجموعة الصبغية Diplohaploid life cycle.

#### طحلب أولفا *Ulva sp.*

يدعى هذا الطحلب أيضاً خس البحر Sea lettuce ، ويتشر بشكل واسع في جميع بحار العالم تقريباً ، حيث يوجد قريباً من الشاطئ. تكون معظم أنواع هذا الطحلب مثبتة في الماء بواسطة قرص صغير ، بينما يرتفع جسم الطحلب ضمن الماء ليلبغ أطوالاً متفاوتة جداً ، تتراوح ما بين عدة سنتيمترات إلى حوالي المتر. كما توجد بعض الأنواع القليلة الحرة في الماء.

يبدو جسم الطحلب البالغ شريطياً متموجاً أو ورقياً مفلطحاً. عند إجراء مقطع عرضي ضمن الثالوس الطحلبي يُلاحظ وجود طبقتين من الخلايا التي ترتبط إلى بعضها بشكل كبير ، وذلك كما في الشكل رقم (١١،٣٨).

دورة الحياة: يمكن لهذا الطحلب في حالات قليلة أن يتكاثر لاجنسياً عن طريق تقطع أجزاء من جسمه، لا يلبث كل منها أن ينمو ليعطي طحلباً جديداً. إلا أن التكاثر الجنسي هو النمط السائد لدى أنواع هذا الطحلب، حيث يمكن التمييز بين طورين نباتيين مستقلين ومتشابهين إلى حد كبير، هما النبات البوغي ( $2n$ ) Sporophyte والنبات المشيجي ( $n$ ) Gametophyte. كما تميز من حيث الجنس نوعين من النبات المشيجي أحدهما مذكر والآخر مؤنث.



الشكل رقم (١١، ٣٨). طحلب أولفا *Ulva sp.*

(أ) النوع *Ulva fasciata* (شكل شريطي)، (ب) النوع *Ulva lactuca* (شكل ورقي مفلطح)  
(ج) رسم تخطيطي لقطع عرضي في ثالوس الطحلب (صفيين من الخلايا المتراصة).

تقوم الخلايا الطرفية للنبات المشيجي بالانقسام ميتوزياً لعدة مرات مشكلة أعداداً كبيرة من الأمشاج الذكرية أو الأنثوية (بحسب جنس النبات المشيجي) السابحة

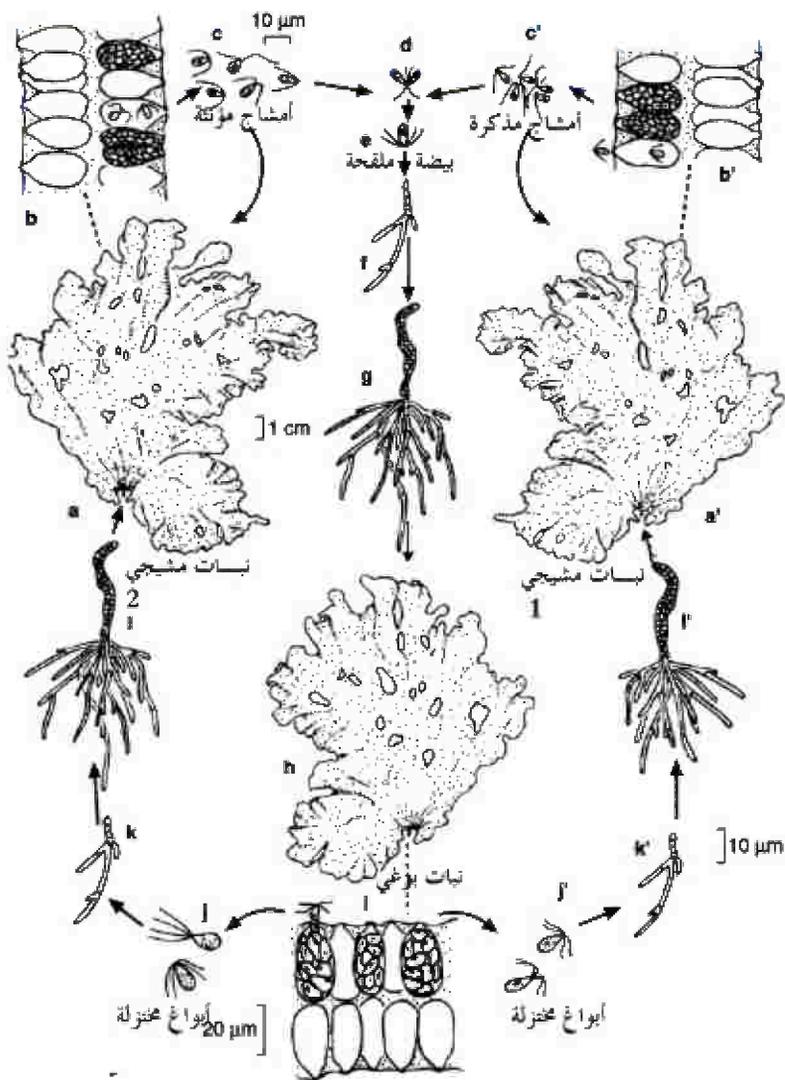
بواسطة سوطين. تقوم الأمشاج الذكرية من نبات بالاندماج مع الأمشاج الأنثوية لنبات آخر، مما يؤدي إلى تشكل البيضة الملقحة رباعية الأسواط. تسبح البيضة فترة من الزمن ثم تستقر في القاع، وتبدأ بالإنبات دون المرور بفترة سكون معطية نباتاً بوغياً فتياً خيطي الشكل. ينمو النبات البوغي الفتى وينمو ليصبح مفطحاً ويشبه النباتين المشيجيين إلى حد بعيد، الشكل رقم (١١،٣٩).

يمكن للخلايا الطرفية للنبات البوغي أن تنقسم ميوزياً لعدة مرات معطية أعداداً كبيرة من الأبواغ المختزلة (١n) Meiospore المتحركة بواسطة أربعة أسواط. ينمو قسم من الأبواغ المختزلة ليعطي نباتات مشيجية مذكرة، بينما ينمو القسم الآخر ليعطي نباتات مشجية مؤنثة، وهكذا تتكرر دورة الحياة من جديد.

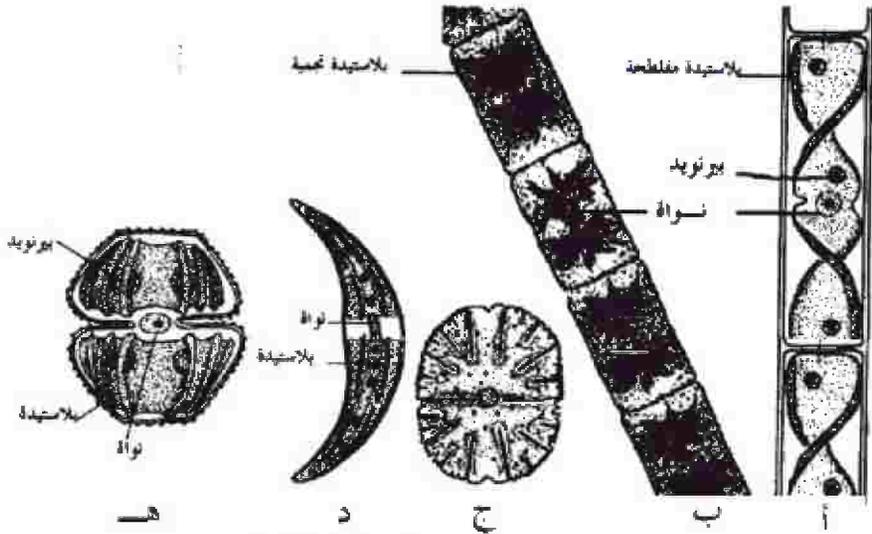
### (١١،٩،٢،٣) الطحالب الزيجينية (Zygnematophyceae (Gamophyceae)

تشتمل هذه الفصيلة على حوالي ٥٠ جنساً و ٦٠٠٠ نوع، تعيش جميعها في المياه العذبة، وتعتبر من الطحالب العريقة في وجودها على سطح الأرض، حيث وجدت حفريات بيوضها الملقحة ذات الغلاف السميكة في طبقات العصر الكربوني (قبل حوالي ٣٠٠ مليون سنة).

تتوزع الأجناس ضمن هذه الفصيلة بين طحالب وحيدة الخلية (مثل كوزماريوم *Cosmarium sp.* و كلوستريوم *Closterium sp.* وميكراسترياس *Micrasterias sp.*)، وأخرى عديدة الخلايا تأخذ أشكالاً خيطية غير متفرعة (مثل موجوتيا *Mougeotia sp.* و زيجنيميا *Zygnema sp.* وسيروجيرا *Spirogyra sp.*)، الشكل رقم (١١،٤٠).



الشكل رقم (١١, ٣٩). دورة الحياة عند طحلب أولفا *Ulva sp.*



الشكل رقم (٤٠، ١١). بعض أنواع الطحالب الزيجيمية

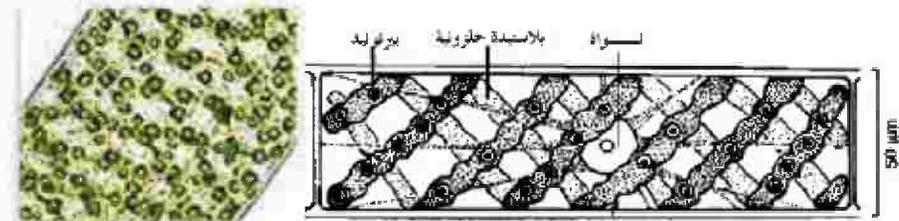
- ١- عديدة الخلايا: (أ) موجوتيا *Maugeotia sp.* ، (ب) زيجنيميا *Zygnema sp.*
- ٢- وحيدة الخلية: (ج) ميكراسترياس *Micrasterias sp.* ، (د) كلوستيريوم *Closterium*
- (هـ) كوزماريوم *Cosmarium botrytis* ، *unoniferum*

تحتوي الخلية الطحلبية على نواة وحيدة وبلاستيدات خضراء تأخذ أشكالاً مختلفة بحسب النوع (شريطية حلزونية، قرصية، نجمية، صفيحية،...). وتوجد ضمن البلاستيدة الخضراء العديد من المراكز البروتينية - النشوية (بيرنويدات). تحاط الخلية بجدار خلوي مؤلف من ثلاث طبقات هي بالترتيب من الخارج إلى الداخل: طبقة مخاطية (سكاكر متعددة)، طبقة ألياف طولية (سليولوز)، طبقة ألياف عرضية (سليولوز). يعتبر الثالوس الطحلي أحادي المجموعة الصبغية (١a)، وتنتهي دورة الحياة بتشكيل بيضة ملقحة (2a) *Zygotc*، تحيط نفسها بجدار سميك.

طحلب سبيروجيرا *Spirogyra sp.*

يبدو هذا الطحلب على هيئة خيط غير متفرع مكون من صف واحد من الخلايا المتماثلة شكلاً وتركيباً. فهو إذن كالمستعمرة البدائية، التي لا يوجد توزيع للعمل بين خلاياها، وينتشر ضمن برك وبحيرات المياه العذبة، مشكلاً شبكة من الخيوط الدقيقة اللزجة التي تغطي سطح الماء، والتي تعرف باسم ريم البرك.

تبدو كل خلية من خلايا الخيط الطحلي متطاوله الشكل وتحتوي في داخلها على نواة مركزية ترتبط إلى سيتوبلازم الخلية بواسطة أربطة بروتوبلازمية، وفجوة إطراحية (إخراجية) كبيرة. تظهر البلاستيدات الخضراء على هيئة أشرطة ذات حواف متموجة وملتصقة حلزونياً ضمن الخلية، وتحتوي كل بلاستيدة على عدد من البيرنويدات، الشكل رقم (١١، ٤١). ينمو الخيط الطحلي ويزداد طولاً عن طريق انقسام خلاياه انقساماً غير مباشر ثم استطالة الخلايا الوليدة (العروسي ووصفي، ٢٠٠١م).



الشكل رقم (١١، ٤١). بنية خلية طحلب السبيروجيرا *Spirogyra sp.*

(أ) رسم تخطيطي (ب) صورة مجهرية

التكاثر: يتكاثر طحلب السبيروجيرا بشكل عام لا جنسياً، إلا أنه يلجأ إلى التكاثر الجنسي عندما تصبح ظروف الوسط غير ملائمة للنمو.

١- التكاثر اللاجنسي: يمكن للطحلب أن يتكاثر لا جنسياً عن طريق انفصال بعض الخلايا عن بعضها مما يؤدي إلى تقطع الخيط الطحلي، ثم يبدأ كل جزء من أجزاء الخيط بالنمو ليعطي طحلباً جديداً.

٢- التكاثر الجنسي (التزواج): يلجأ الطحلب إلى طريقة التكاثر هذه عندما تسوء ظروف الوسط (كجفاف الماء، أو ارتفاع درجة الحرارة، ...). تُدعى طريقة التكاثر هذه بالتزواج السلمي *Scalariform conjugation*، وهي تعتبر مميزة لجميع أنواع فصيلة الطحالب الزيجينية، وتجري وفقاً للمراحل التالية:

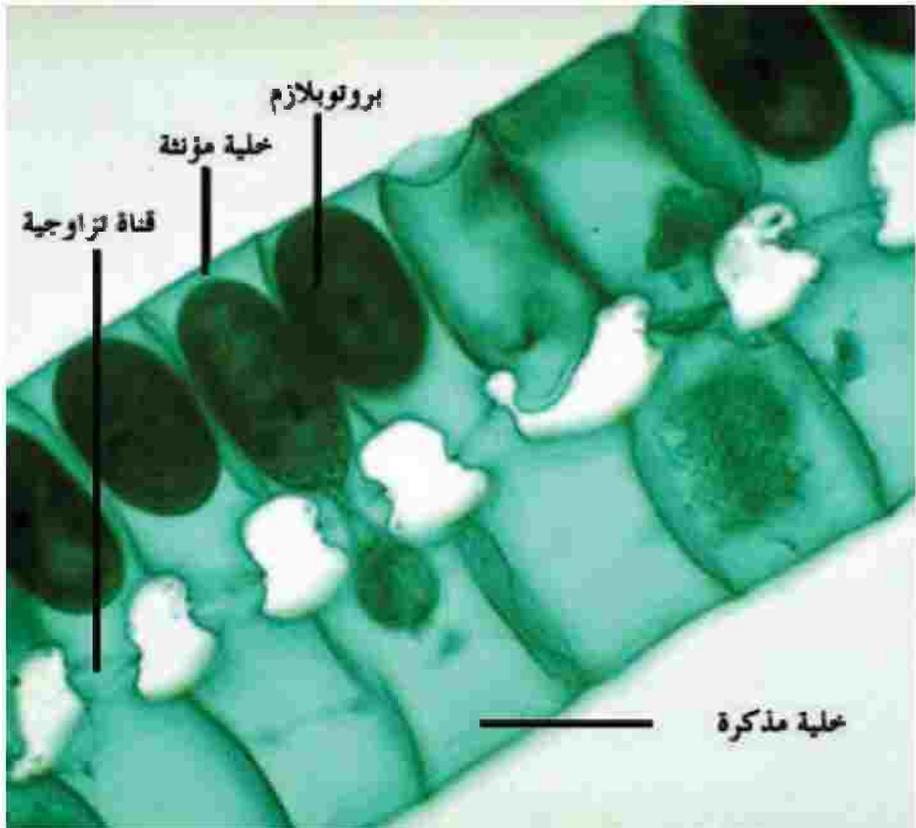
١- يقترب خيطان طحليان من بعضهما إلى حد كبير، تبدأ خلايا كل منهما بإفراز هرمونات تؤثر على خلايا الخيط الآخر، الأمر الذي يؤدي إلى انقسام كل خلية إلى خليتين مشيجيتين تترتان بشكل متقابل.

٢- تقوم كل خلية مشيجية بتشكيل أنبوب يتجه نحو الأخرى، ويستمر الأنبوبان بالنمو حتى يتلامسا. تزول الجدر العرضية الفاصلة بين الأنبوبين، وتشكل نتيجة ذلك قناة اقتران *Conjugation canal*، تسمح بتماس بروتوبلازم الخليتين مع بعضهما.

٣- تقوم بروتوبلازم إحدى الخليتين المتزاوجتين (الخلية الذكرية) بالانتقال بحركة أميبية إلى الخلية الأخرى (الخلية الأنثوية) عبر قناة الاقتران. تندمج بروتوبلازم الخليتين أولاً، ويعقب ذلك اندماج النواتين في نواة واحدة، مما يؤدي إلى تشكل البيضة الملقحة (٢n)، الشكل رقم (٤٢، ١١).

٤- تحيط البيضة الملقحة نفسها بغلاف سميك ذو لون بني، يحمل تزيينات مميزة، وتأخذ في الغالب شكلاً مغزلياً. تتحمل البيضة ظروف الوسط القاسية، وتدخل

في حالة سكون قد تمتد لعشرات السنين. لقد أمكن حفظ بعض البيوض لمدة عشرين سنة في وسط جاف ، ثم تمكنت من الإنبات بعد ذلك ، (Fryxell, ١٩٨٣).



الشكل رقم (١١،٤٢). القناة التراوجية والعبور السيتوبلازمي عند خيطين متقابلين لطحلب السيروجيرا. (نقلًا عن الفالح وعياش، ١٩٤٢ هـ).

٥ - بعد انقضاء فترة السكون وتحسن ظروف الوسط تبدأ البيضة الملقحة بالإنبات، ويتم ذلك عن طريق انقسام النواة انقسامين أولهما اختزالي، مما يقود إلى تشكل أربع نويات وحيدة المجموعة الصبغية (١n)، تتلاشى ثلاث منها وتبقى واحدة.

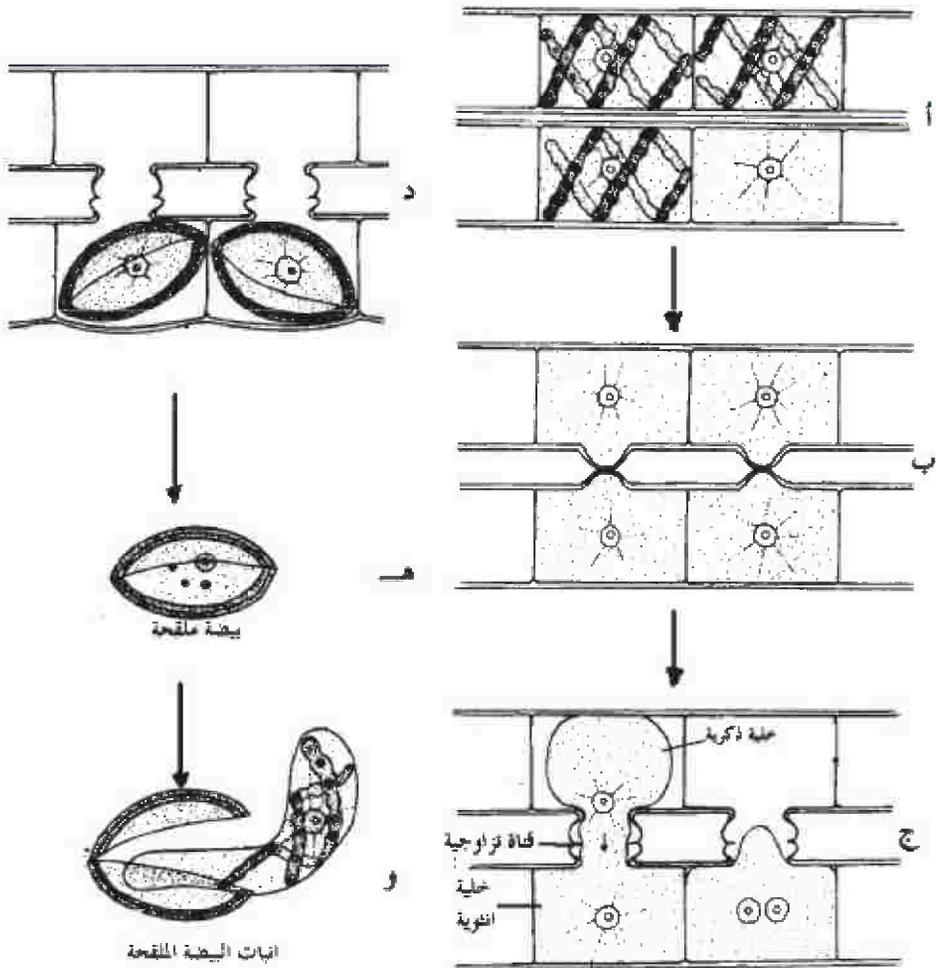
٦ - يتمزق جدار البيضة الملقحة ويخرج منها خيط طحلي صغير، يستمر في النمو ليصبح طحلباً كاملاً، الشكل رقم (١١،٤٣).

لقد تبين لدى بعض الأنواع القليلة أنه يمكن أن يحدث بين الخلايا المتجاورة في الخيط الطحلي تزاوج جانبي *Lateral conjugation* (Presscott et al., ١٩٩٩). حيث تزول الجدر الفاصلة بين خليتين متجاورتين وتنتقل محتويات إحداهما إلى الأخرى، ثم تتلاحق المراحل كما هو الحال في التزاوج السلمي.

#### (١١،٩،٢،٤) الطحالب الكارية Charophyceae

تعيش جميع الطحالب الكارية في المياه العذبة الراكدة مشكلة مروجاً خضراء تحت الماء، وخاصة في الأعماق التي لا تزيد عن ٥٠ سم. يثبت الطحلب في قاع البحيرة أو المستنقع بواسطة أشباه جذور *Rhizoids*، وينمو متفرعاً نحو الأعلى ليتراوح ارتفاعه ما بين بضعة مليمترات إلى حوالي ٢٠ سنتيمتراً وذلك بحسب النوع.

تعتبر معظم الطحالب الكارية طحالب منقرضة، وجدت بيوضها الملقحة ذات الغلاف السميك في أحافير تعود إلى العصر السيلوري (قبل حوالي ٤٢٠ مليون سنة)، ولا يعيش حالياً إلا القليل من أجناسها، التي نذكر منها نيتيلا *Nitella sp.* و كارا *Chara sp.* يتمتع الثالثوس الطحلي بقليل من القساوة، نتيجة قيام هذه الطحالب بترسيب الكلس ضمن جدرها الخلوية، لذا فهي تنتشر بشكل كبير في المياه الكلسية القاسية ( $pH > 7$ ). وتعتبر هذه الطحالب مؤشراً حيوياً على نقاوة وسلامة المياه العذبة، حيث أن الملوثات العضوية والتراكيز العالية للفوسفات تحد بشكل كبير من نموها وانتشارها.



الشكل رقم (١١،٤٣). مراحل التزاوج الجنسي عند طحلب السبروجيرا *Spirogyra sp.* (نقلًا عن القالغ وعياش ١٤٢٤هـ).

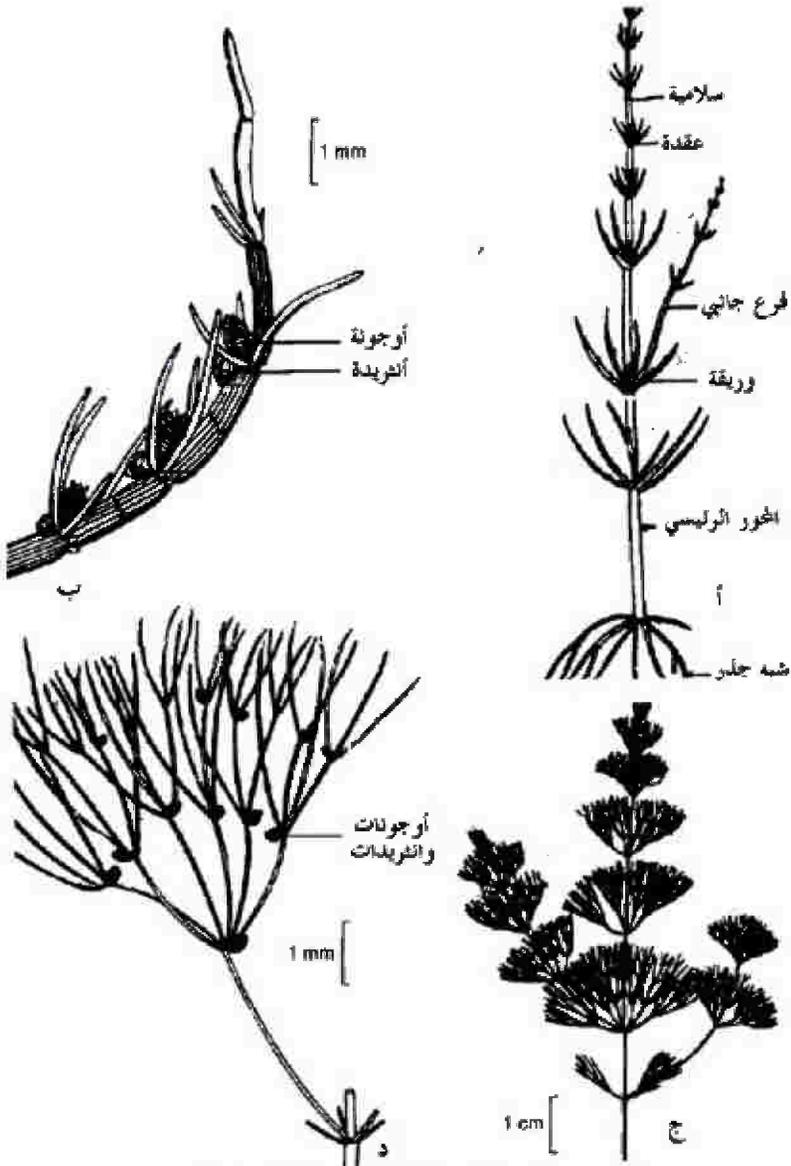
يبدو ثالوس هذه الطحالب مقسماً إلى عقد *Node* وسلاميات *Intemode* (يشبه النباتات الزهرية إلى حد بعيد). تحمل كل عقدة مجموعة من الوريقات الصغيرة التي

تلتف حولها بشكل سواري، كما قد تظهر بعض الأفرع الجانبية اعتباراً من العقد، الشكل رقم (١١، ٤٤).

تحتوي الخلية الطحلبية على العديد من البلاستيدات الخضراء القرصية الشكل، وتعاني السيتوبلازم الخلوية من حركة دورانية مستمرة وسريعة تتراوح ما بين ٥٠-١٠٠ ميكرون / ثانية، وتعتبر هذه الخاصية مميزة للطحالب الكارية. يعتمد أن سبب هذه الحركة السيتوبلازمية السريعة يعود إلى غنى الخلية بألياف الميوزين Myosin و الأكتين Actin، التي تميز خلايا العضلات الحيوانية، (Alberts et al, ١٩٨٩). كما تحتوي الخلية على نواة وفجوة خلوية كبيرة. تتميز الخلية أيضاً بجدارها القاسي الذي يحتوي في جزئه الصلب على ألياف سليلوزية بالدرجة الأولى.

تعتبر جميع الطحالب الكارية نباتات ذات خلايا وحيدة المجموعة الصبغية (١٥)، ويتم التكاثر عن طريق أعضاء جنسية متخصصة (أثريدات Anthredia وأوجونات Oogonia). تبدو الأوجونة (عضو التأنيث) بيضية الشكل وتحتوي في داخلها على تجويف توجد به بويضة واحدة، وتحاط من الخارج بعدد كبير من الخلايا العقيمة. تبدو الأثريدة (عضو التذكير) كروية الشكل وتحتوي في داخلها على العديد من الأمشاج الذكرية السابحة بواسطة سوطين، وتحاط أيضاً بمجموعة من الخلايا العقيمة.

تنمو الأثريدات والأوجونات على الوريقات الجانبية مباشرة ويمكن رؤيتها بالعين المجردة.



الشكل رقم (١١،٤٤). الثان من أجناس الطحالب الكارية.

(أ) طحلب الكارا *Chara sp.*، (ب) وريقة طحلب كارا تحمل الأعضاء الجنسية، (ج) طحلب نيتيلا

*Nitella sp.* (د) فرع جانبي مكرر لطحلب نيتيلا.

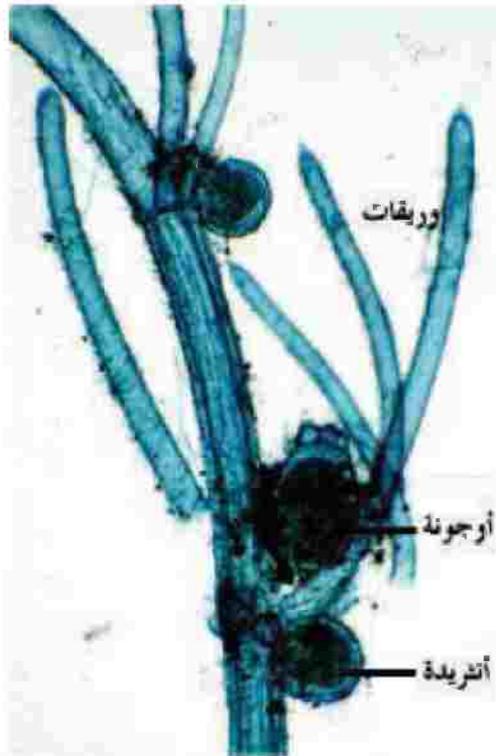
طحلب كارا *Chara sp.*

يحتوي هذا الجنس على حوالي عشرين نوعاً، تنتشر جميعها في المياه العذبة مثبتة في القاع على أعماق قليلة بواسطة أشباه جذور، تغوص في الرمل أو الطمي. يبدو الثالوس الطحلي مقسماً إلى عقد وسلاميات. تتألف السلامية من خلية مركزية طويلة محاطة بعدد كبير من الخلايا الصغيرة المتطاولة. تحمل العقد أفرعاً جانبية ووريقات صغيرة تترتب بشكل سوارى حول العقدة. توجد أسفل الوريقات مجموعة من الأشواك *Stipulac* الصغيرة القاسية. تبدو الوريقات مقسمة أيضاً إلى عقد وسلاميات، وتحمل عقد الوريقات الأعضاء الجنسية إضافة إلى مجموعة من الأشواك القصيرة، الشكل رقم (١١،٤٥).

**دورة الحياة:** تعتبر بنية الأثريدات والأوجونات معقدة نسبياً، وتوجد هذه الأعضاء الجنسية على عقد الوريقات، بحيث تكون الأوجونة إلى الأعلى قليلاً من الأثريدة التي تتوضع تحتها مباشرة. مع نضوج الأثريدة فإنها تأخذ لوناً أصفرًا برتقالياً، وتشكل بداخلها ٦ - ٨ خيوط خصبة مقسمة إلى عدد كبير من الخلايا العرضية (يتألف كل خيط من ٥ - ٥٠ خلية). ينمو داخل كل خلية من خلايا الخيوط الخصبة مشيج ذكري سابح بواسطة سوطين. يبدو المشيج الذكري الناضج حلزوني الشكل، ويحتوي في داخله على نواة (١٥) حلزونية تملأ معظم خلية، وينشق من مقدمته سوطان. يعتبر هذا الشكل الحلزوني للمشيج الذكري مميّزًا لجميع الطحالب الكارية.

تبدو الأوجونة الناضجة خضراء اللون ببيضاوية الشكل محاطة من الأعلى بمجموعة من الخلايا التاجية *Coronal cells*، تحتوي الأوجونة في داخلها على بويضة وحيدة (١٥) تحاط بمجموعة من الخلايا العقيمة. عند بدء مرحلة الإخصاب تقوم

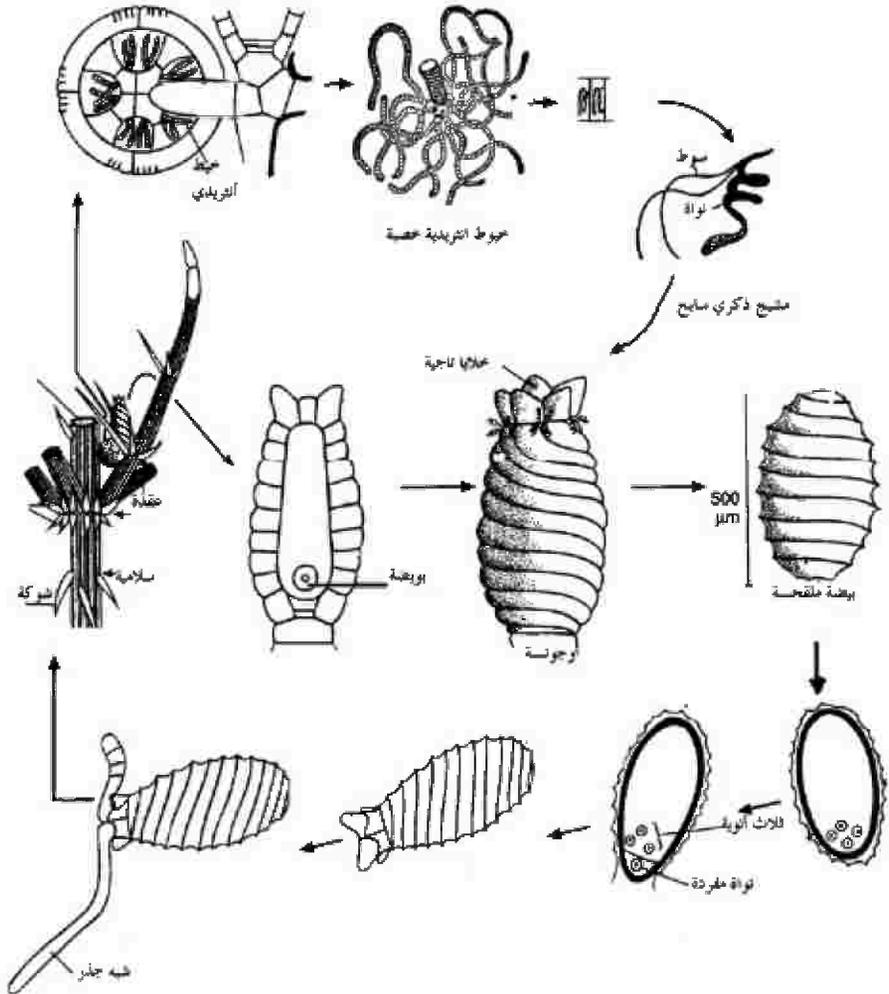
الأمشاج الذكرية بالإحاطة بالأوجونة، ويتمكن مشيج ذكري واحد من الدخول إلى داخل الأوجونة، اعتباراً من المنطقة الفاصلة بين الخلايا التاجية وبقية الأوجونة، ويقوم بإخصاب البويضة لتتشكل البيضة الملقحة (2n) Zygote. تتحلل بقية أقسام الأوجونة، عدا بقايا الجدر الخارجية التي تشكل غلافاً سميكاً عديم اللون يحيط بالبويضة وفق ترتيب حلزوني، الشكل رقم (١١، ٤٦).



الشكل رقم (١١، ٤٥). صورة لفرع من طحلب الكارا *Chara sp.* يحمل الأعضاء الجنسية.

تسقط البيضة الملقحة في قاع الوسط المائي، ثم تبدأ بالإنبات بعد فترة سكون قد تطول أو تقصر. خلال مرحلة الإنبات تنقسم نواة البيضة الملقحة اختزالياً ثم

ميتوزياً مشكلة أربع نويات أحادية المجموعة الصبغية (١n). تزول ثلاث من هذه النوى، وتبقى واحدة ضمن البيضة. تنمو البيضة بعد ذلك وتنبت معطية طحلباً جديداً.



الشكل رقم (٤٦، ١١). دورة حياة طحلب الكارا *Chara sp.* (نقلًا عن الفالح وعياش، ١٤٢٤هـ).