الفصل الحادي عشر

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 العامـــة

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 أوغير 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 مشبعاً

obeikandl.com

بمادة السيلكا كما هو الحال في الدياتومات Diatomae، أو بكربونات 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 الزانتوفيلات Xanthophylls والكاروتينات Carotenes والبيليبروتينات Biliproteins مما يمكنها من اقتناص الطاقة الضوئية للشمس و القيام 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 للأسماك و لأحياء مائية أخرى، كما أنها تُغني الوسط المائي من خلال قيامها بالبناء الضوئي بغاز الأكسيجين اللازم لتنفس الكائنات الحية.

٢- تعتبر بعض الطحالب الراقية كالطحالب الحمراء مصدراً غذائياً هاماً بالنسبة للإنسان، غنياً بالبروتين والفيتامينات وبعض العناصر المعدنية الهامة كاليود 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، ويُضاف في اليابان مسحوق طحلب الكلوريللا

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

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

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

- الآجار Agar والكاراجين Carrageen: مادتان كربوهيدراتيتان غرويتان تستخرجان من الطحالب الحمراء، وتستغلان في تحضير الأوساط الزرعية المخبرية للكشف عن البكتيريا، وتدخلان في صناعة المواد المثبتة للمستحلبات Emulsions والمعلقات Suspensions، ولذلك تدخلان في إعداد الأطعمة اللينة كالآيس 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 الدرقيةGoiter ، وطحالب الجنس جيليديوم *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 وتحضير 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 ذو لون أخضر باهت ومبقع.

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

أ) نقص الأكسيجين المنحل ضمن الماء بسبب تناقص معدلات البناء الضوئي لدى الطحالب ذاتها نتيجة حجبها للضوء بفعل تزاحمها الشديد، إضافة إلى استهلاكها لهذا الغاز أثناء تنفسها.

ب) إفراز بعض الطحالب كطحلب جونياولاكس *Gonyaulax sp.* (من الطحالب البيرية Pyrrophyta=Dinophyta) لذيفانات 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 ومؤنثة). تنشأ الأمشاج المتباينة من حوافظ مشيجية مذكرة (أنثريدات 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 الأوجونة، 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.

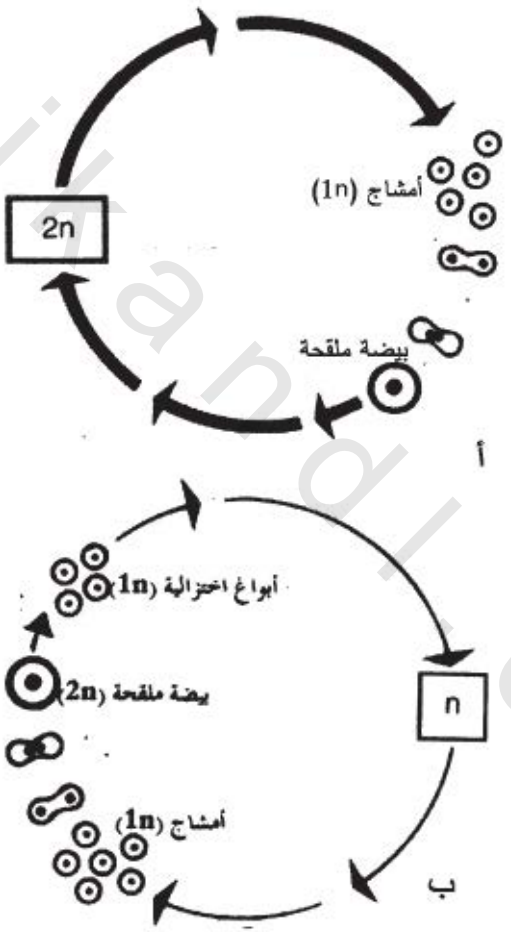
استناداً إلى ما تقدم يمكننا أن نميز عدة أنماط من دورات حياة الطحالب:

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 مختزلة Meiospores (١n) تنمو لتعطي نباتاً مشيجياً (١n) يسمى بالطور المشيجي Gametophyte. يعطي الطور

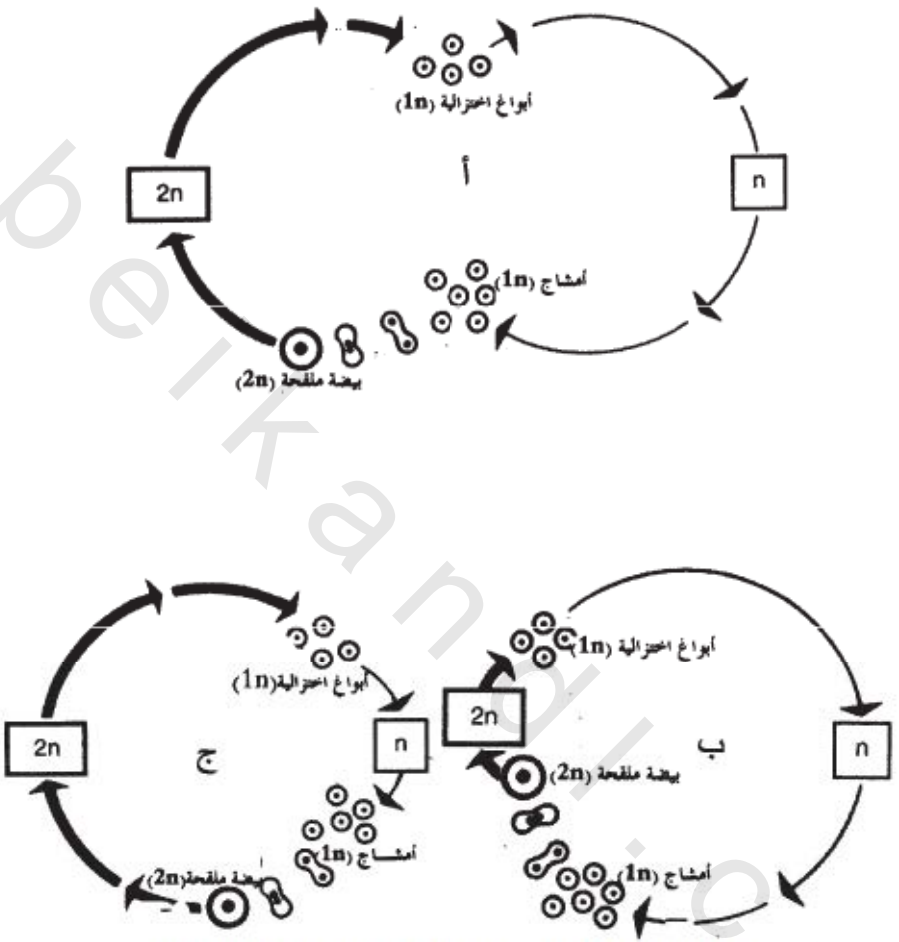
المشيجي أمشاجاً (١n) Gametes ، لا تلبث أن تتحد مشكلة البيضة الملقحة (٢n). يكون الطوران البوغي والمشيجي متبادلين خلال دورة حياة الطحلب، وهذا ما يعرف بظاهرة تبادل الأجيال Alternation of generations ، وهما إما متساويان في وجودهما ، أو يسود أحدهما على الآخر، الشكل رقم (١١,٢).



الشكل رقم (١١,١). دورة حياة الطحالب.

(أ) دورة حياة طحلب ثنائي المجموعة الصبغية (٢n) Diploid

(ب) دورة حياة طحلب أحادي المجموعة الصبغية (١n) Haploid



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

(أ) الجيلان البوغي والمشيجي متساويان، (ب) الجيل المشيجي سائد على البوغي

(ج) الجيل البوغي سائد على المشيجي

(١١,٤) تقسيم الطحالب

يضع بعض العلماء الطحالب وحيدة الخلية ذات الأسواط مع مجموعة الحيوانات السوطية وحيدة الخلية ضمن مملكة بروتيستا 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 بروتيستا 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، و تفتقر 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 حقيقيات 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:

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

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

من الملاحظ في الوقت الحاضر تعدد طرق تقسيم الطحالب أيضاً ضمن مجموعاتها 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 الحمراءRhodophyta، وقسم الطحالب الخضراء Chlorophyta، وفصيلة الطحالب البنية Phacophyceae، 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 الادخارية 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:

الجـــدول رقم (١١,٢). خصائص بعض المجموعات الطحليـــــة.

القسم أو الفصيلة	أصباغ البناء الضوئي *	المادة الإدخارية	المكونات الرئيسية للجدار الخلوي	الأسواط **	الوسط البيئي
الكريبتية Cryptophyta	كلوروفيل أ، ج فيكوسيانين فيكواريثرين	نشاء	لايوجد جدار	٢ أمامية	مياه مالحة مياه عذبة
الدينوية Dinophyta	كلوروفيل أ، ج بيريدينين	نشاء	سليلوز، يغيب الجدار أحياناً	٢ (امامي وجانبي)	مياه مالحة مياه عذبة
اليوجلينية Euglenophyta	كلوروفيل أ، ب	باراميلون	لايوجد جدار	٢ أمامية	مياه عذبة مياه مالحة أرضية
المتغايرة / الذهبية Chrysophyceae	كلوروفيل أ، ج	كريزولام يناربن	سليلوز، بكتين سيليكات	٢ أمامية	مياه عذبة مياه مالحة أرضية
المتغايرة / الصفراء Xanthophyceae	كلوروفيل أ، ج	كريزولام يناربن	سليلوز	٢ أمامية	مياه عذبة مياه مالحة أرضية
المتغايرة/الدياتومات Bacillariophyceae	كلوروفيل أ، ج	كريزولام يناربن	لايوجد جدار ترسبات سيليكا	١ أمامي	مياه عذبة مياه مالحة
المتغايرة / البنية Phaeophyceae	كلوروفيل أ، ج	كريزولام يناربن	سليلوز، ألجين	٢ أمامية أو جانبية	مياه مالحة مياه عذبة
الحمراء Rhodophyta	كلوروفيل أ فيكوسيانين فيكواريثرين	نشاء فلورايدي	سليلوز، بكتين كالسيوم، كاراجين	لايوجد	مياه مالحة مياه عذبة

تابع الجدول رقم (١١,٢).

القسم أو الفصيلة	أصباغ البناء الضوئي *	المادة الإدخارية	المكونات الرئيسية للجدار الخلوي	الأسواط **	الوسط البيئي
الخضراء / الخضراء Chlorophyceae	كلوروفيل أ،ب	نشاء	سليلوز، بكتين	٢ ـ ٨ أمامية أوجانية	مياه عذبة مياه مالحة أرضية
الخضراء / الأولفية Ulvophyceae	كلوروفيل أ،ب	نشاء	سكريات متعددة ؟	٢ـ ٤ أمامية	مياه مالحة
الخضراء / الكارية Charophyceae	كلوروفيل أ،ب	نشاء	سليلوز، كالسيوم	٢ أمامية	مياه عذبة

❖ إضافة إلى الأصباغ اليخضورية والأصباغ الفيكوبيليبروتينية المسجلة في هذا الجدول تحتوي جميع الطحالب على أصباغ كاروتينية وأخرى زانتوفيلية.

❖❖ عدد الأسواط عند الخلايا الجسمية أوالجنسية (الأمشاج = الجاميتات).

(١١,٥) الطحالب الدينوية (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 الدينوية 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.

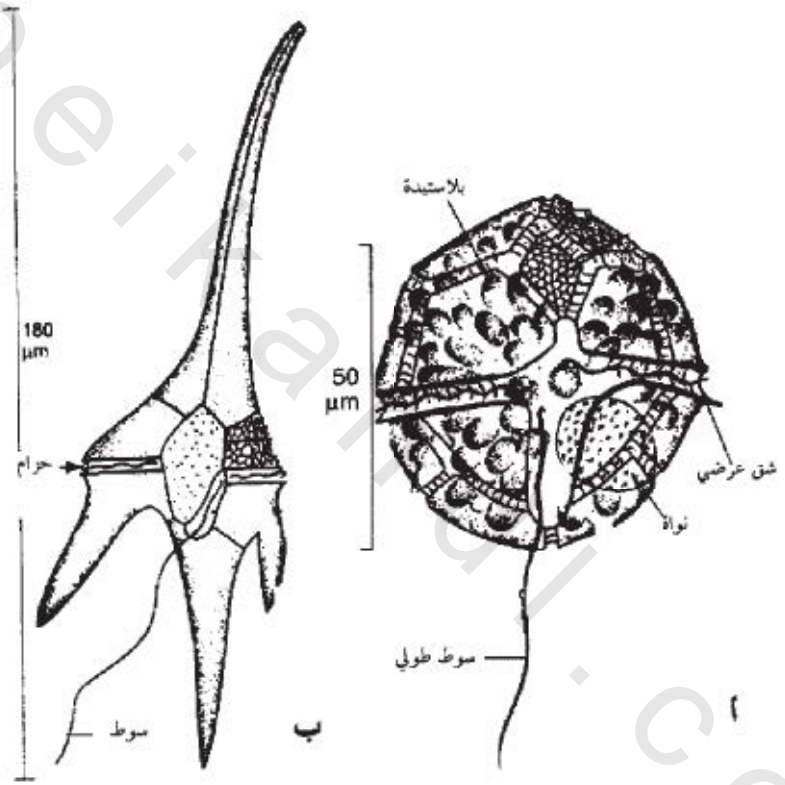
(١١,٥,١) أهم الخصائص العامة

١- تعتبر هذه الطحالب كائنات وحيدة خلية قد يغيب الجدار الخلوي لدى بعضها، إلا أن معظمها يكون محاطاً بجدار خلوي ذي طبيعة سليلوزية ـ كلسية على هيئة درع قاس مقسم إلى صفائح صغيرة. تتجمع الصفائح حول الخلية في نصفين، أحدهما علوي ويدعى إبيكون Epicone ، والآخر سفلي ويدعى هيبوكون Hypocone ، يفصل بينهما انخماص عرضي. يفيد شكل وطريقة ترتيب الصفائح في الدرع في التمييز بين الأنواع والأجناس المختلفة لهذه االطحالب. 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 الانخماص العرضي للدرع، ويفيد في دوران الخلية حول نفسها ، الشكل رقم (١١,٣).

٣ــ 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*.

٤ــ تحتوي بلاستيدات الخلايا الطحلبية التي تقوم بالبناء الضوئي على صبغ زانتوفيلي هو البيريدينين Peridinin ، إلى جوار كل من الكلوروفيل أ ،ج Chlorophylls

a , c, والكاروتين ß-Caroten، إلا أن لون البيريدينين والكاروتين يطغيان في معظم الأحيان على ألوان بقية الأصباغ، لذا تأخذ هذه الطحالب لوناً بنياً ذهبياً.

٥ــ 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.

٦ــ 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 Phosphorecent، 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، (الفالح وعياش، ١٤٢٤هـ).

٧ــ تتكاثر معظم الطحالب الدينوية Dinophyta لاجنسياً عن طريق الانشطار الثنائي البسيط من منطقة الانخماص 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 تنشطر الخلية في منطقة الانخماص العرضي إلى قسمين، ويتمم كل قسم جديد ما ينقصه من نصف الدرع.

٨ ــ يحدث التكاثر الجنسي عند بعض أنواع الطحالب الدينوية Dinophyta=Pyrrophyta 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).

obeikandl.com

(١١,٦) الطحالب اليوجلينية Euglenophyta

يضم هذا القسم حوالي ٤٠ جنساً وأكثر من ٨٠٠ نوع تعيش في المياه العذبة وخاصة تلك الغنية بالمواد العضوية أو على الترب 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

١ــ 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.

٢ــ تعتبر معظم الطحالب اليوجلينية كائنات ذاتية التغذية، حيث تحتوي الخلية على بلاستيدات خضراء Chloroplasts تحتوي بداخلها على تكدسات Lamella ثلاثية الأغشية الثايلاكويدية Thaylakoids.

٣ــ 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 .

٤ــ تحتوي الخلية الطحلبية على أصباغ البناء الضوئي التالية: كلوروفيل أ، ب Chlorophylls a,b، كاروتينات Carotens، زانتوفيلات 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 انخماص 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. تجد بجوار الخزان بقعة عينية Eye spot تفيد في توجيه الخلية إلى الضوء. تتميز البروتوبلازم الخلوية إلى منطقتين:

١- منطقة محيطية تدعى البريبلاست 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 ونمط التغذية الغير ذاتية لدى بعض أنواع هذا الطحلب تجعل من هذا الكائن قريباً من السوطيات الحيوانية وحيد الخلية، لكن وجود البلاستيدات الخضراء ونمط التغذية الذاتية لدى معظم أنواعه تجعله 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

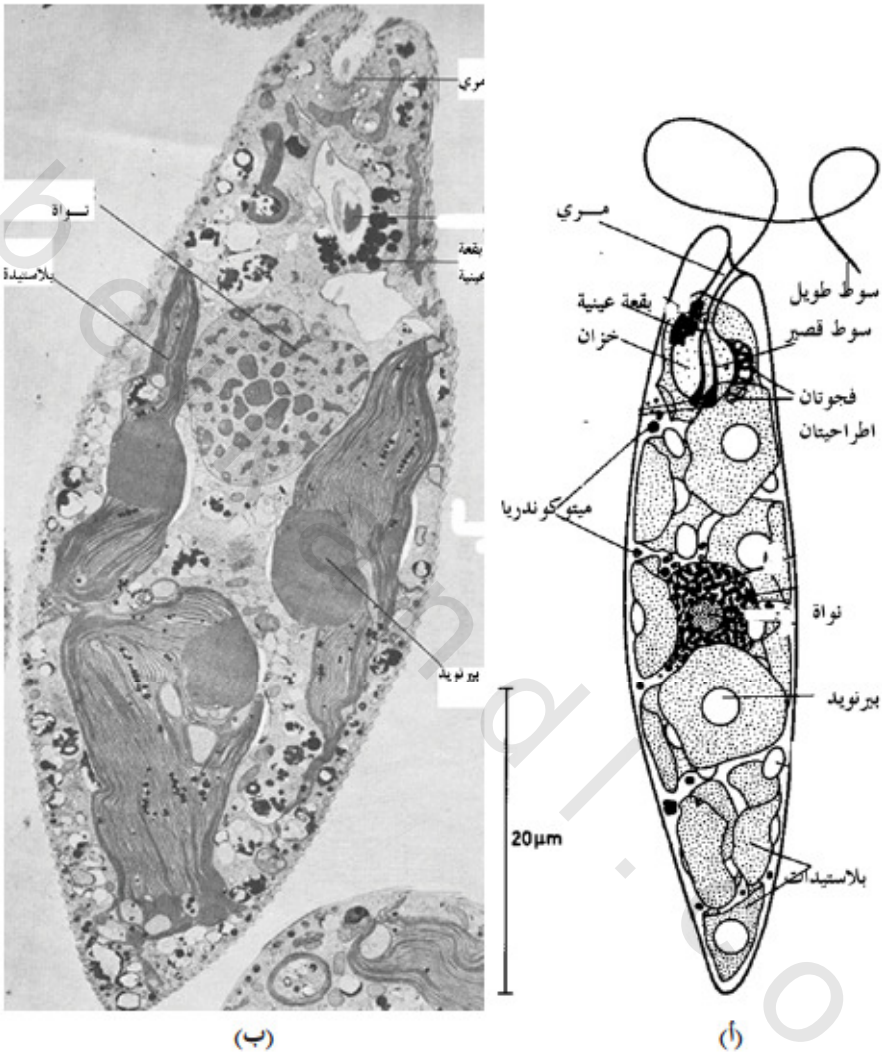
يشتمل هذا القسم على عدد كبير من الأجناس التي تتوزع ضمن تسع فصائل هي:

١ – الطحالب الذهبية Crysophyceae

٢ – طحالب Parmophyceae

٣ – طحالب Sarcinophyceae

٤ – الطحالب الصفراء Xanthophyceae

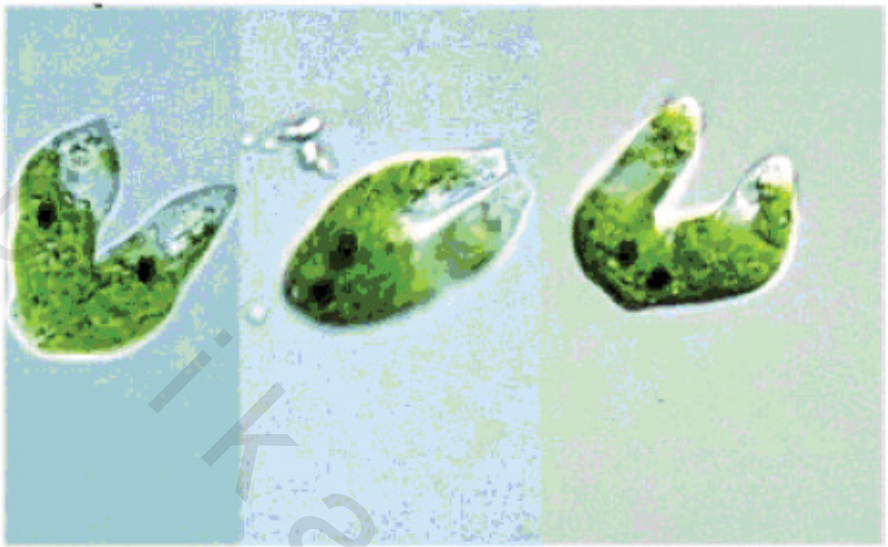


(ب) (أ)

الشكل رقم (١١,٥). طحلب اليوجليـــنا *Euglena sp.*

(أ) رسم تخطيطي (ب) صورة فوتوغرافية

(نقلاً عن الفالح وعياش، ١٤٢٤هـــ)



(أ) (ب) (ج)

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

٥ - طحالب Eustigmatophyceae

٦ - الطحالب الدياتومية Bacillariophyceae(Diatomae)

٨ - طحالب Raphidophyceae

٩ - الطحالب البنية Phaeophyceae

على الرغم من تنوعها الهائل تشكل الطحالب متغايرة الأسواط قسماً مستقلاً ضمن مملكة بروتيستا 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 أوكروموناس *Ochromonas* (طحلب ذاتي التغذية من الطحالب متغايرة الأسواط الذهبية)، وعلى الجنس أشيلا *Achyla* (فطر غير ذاتي التغذية من الفطريات البيضية) أن هناك تماثلاً في التتابع الوراثي النيكليوتيدي لوحدات (١٨S-rRNA) للرايبوزومات عند كلا النوعين، (Van den Hock 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 التكدس الثلاثي للثايلاكويدات صفة مميزة ومشتركة بين ثلاثة أقسام طحلبية وهي:

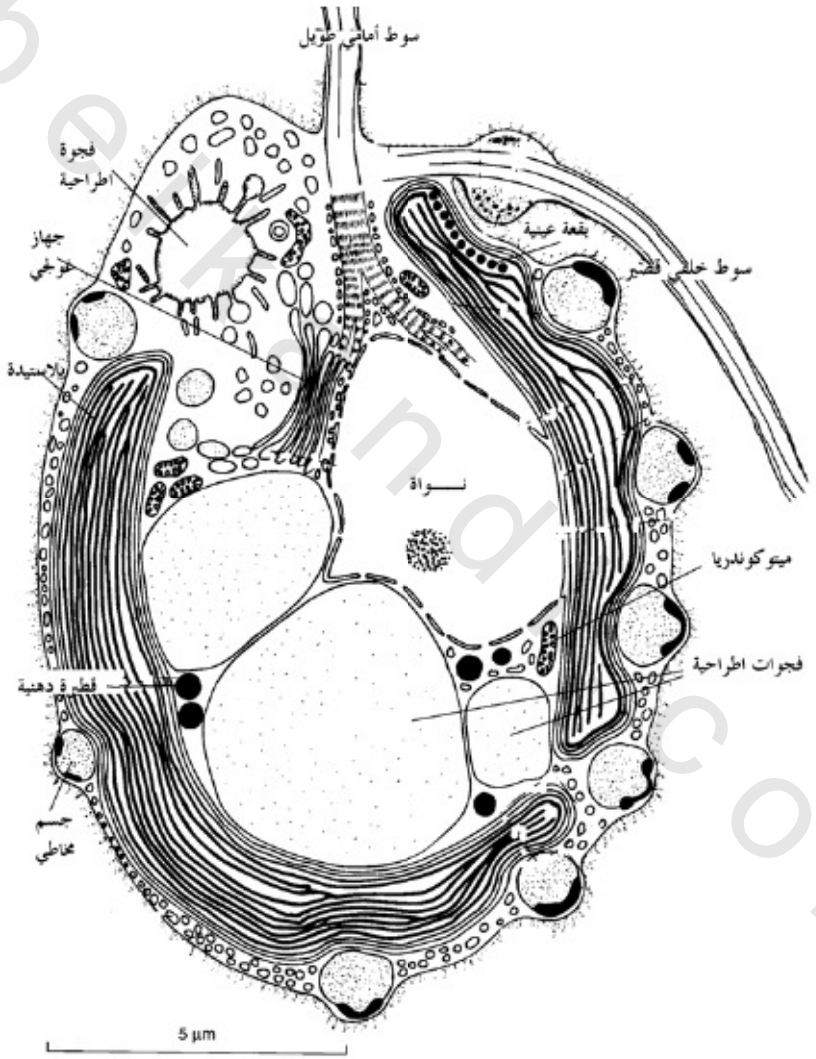
١- متغايرة الأسواط Heterokontophyta.

٢- الدينوية Dinophyta.

٣- هابتوفيتاHaptophyta.

تميز لدى الطحالب متغايرة الأسواط أنماطاً مختلفة من الأصباغ اليخضورية (كلوروفيل أ، ب) والكاروتينية و الزانتوفيلية. 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 (β□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). خليـــة أحد الطحـــالب متغايـــرة الأســـواط (*Oochromonas tuberculatus*)

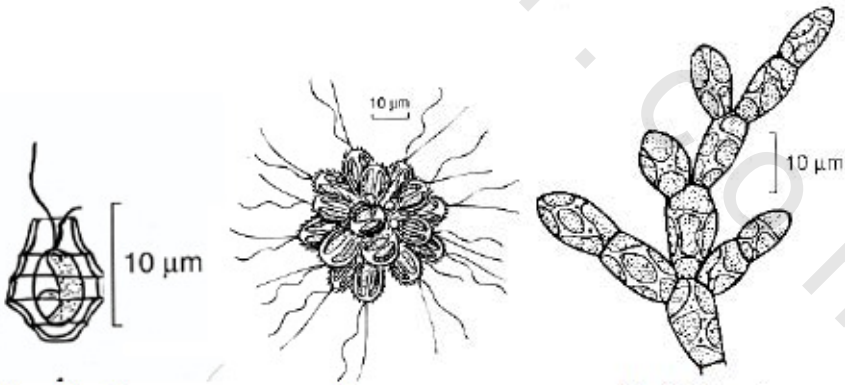
سيتم التطرق في هذا الكتاب بشيء من التفصيل إلى أربع فصائل من الطحالب متغايرة الأسواط هي:

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 تركيباً بدائياً عديد الخلايا (مستعمرة)، كما هو الحال عند طحالب الجنس سينورا *Synura* و طحالب الجنس ثالوكريسيس *Thallochrysis*، الشكل رقم (١١,٨).



Pseudokephyrons sp. *Synura sp.* *Thallochrysiss sp.*

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

(١١,٧,١,١) 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 الانزيمات الناشئة من الجسيمات الحالّة Lysosomes أو من جهاز جولجي Golgi apparatus، لا تلبث الخلية الطحلبية بعد ذلك أن تطرح المواد التي لم يجر هضمها إلى الوسط الخارجي.

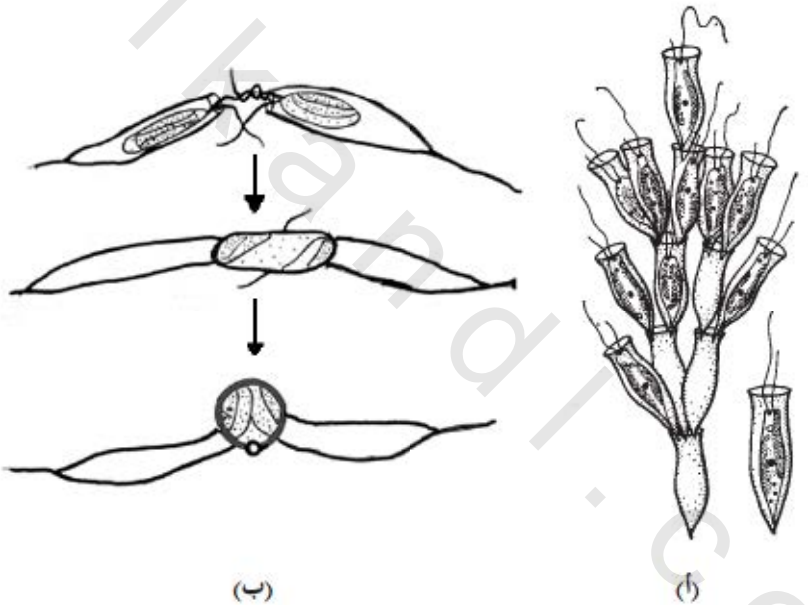
٢- تحتوي الخلية الطحلبية لأجناس الطحالب الذهبية ذاتية التغذية على بلاستيدة أو اثنتين.

٣- تحتوي البلاستيدات على أصباغ البناء الضوئي (كلوروفيل أ، ج، كاروتينات، زانتوفيلات) إلا أن كمية الصبغ الزانتوفيلي فيكوزانتين Fucoxanthin ذي اللون البني والصبغ الكاروتيني بيتا ـ كاروتين ß-Caroten ذي اللون الأصفر هما اللذان يطغيان على بقية الأصباغ ويكسبان البلاستيدات والخلايا لونها الذهبي (البني المصفر).

٤- ينجم عن قيام البلاستيدات بالبناء الضوئي إنتاج سكر متعدد هو الكريزولامينارين Chrysolaminarine 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 هيكلاً قاسياً على هيئة طبقة مستمرة ضمن الجدار الخلوي.

٦- تتكاثر 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 تندمجا في خلية واحدة مشكلتين بيضة ملقحة Zygote، تحيط نفسها بهيكل سميك، الشكل رقم (١١,٩).



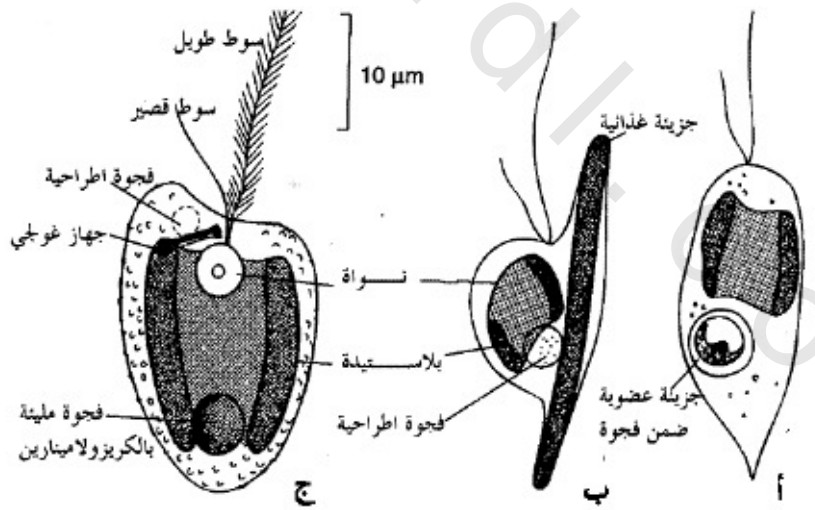
(ب) (أ)

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

(١١,٧,١,٢) طحلب أوكروموناس *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 أوكروموناس، أبسط

أشكال الطحالب الذهبية، كما أن بنية خليته 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 بصفين من الأوبار 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 البلاستيدتين على بقعة عينية لتوجيه الخلية إلى الضوء. تسبح خلايا أوكروموناس وتنجذب بشكل عام باتجاه الضوء Positive phototaxis، إلا أنه عندما يكون الضوء شديداً فإنها تسبح مبتعدة عنه Negative phototaxis.

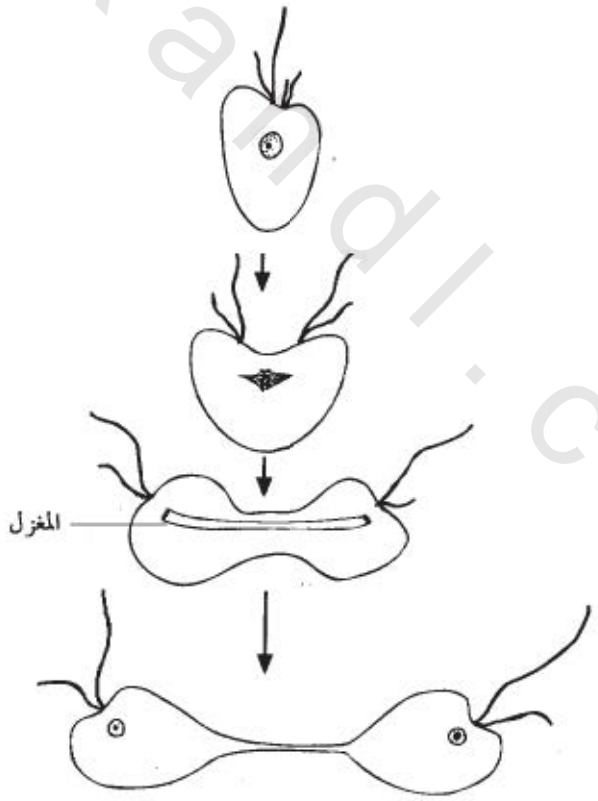


الشكل رقم (١١,١٠). أنواع مختلفة للطحلب أوكروموناس

(أ) أوكروموناس دانيكا *O. danica*، (ب) أوكروموناس جرانولاريس *O. granularis*، (ج) الجنس *Oochromonas*.

التكاثر

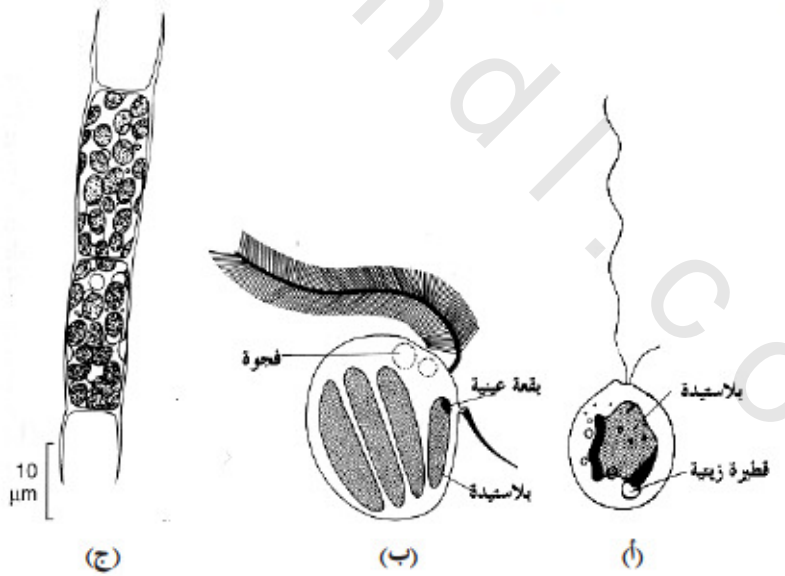
لم يتم إلى الآن التعرف على نمط تكاثر جنسي في هذا الطحلب، فهو يتكاثر لاجنسياً عن طريق انقسام الخلية خيطياً (ميتوزياً) **Mitosis** إلى خليتين، الشكل رقم (١١,١١). يبدأ انقسام الخلية خيطياً مع انقسام جهاز جولجي والبلاستيدتين، ثم تتضاعف الجسمين القاعديين للسوطين، ثم يتشكل سوطان جديدان إلى جوار القديمين. يبدأ 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 أوكروموناس *Oochromonas sp.*

(١١,٧,٢) الطحالب الصفراء Xanthophyceae

يبلغ عدد الأجناس التابعة لهذه الطحالب حوالي ١٠٠ جنس، تضم ما يزيد عن ٦٠٠ نوع، تنتشر معظمها في المياه العذبة وعلى الترب الرطبة والقليل منها يعيش في البحار (Van den Hock 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 كلوروميزون 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 تريبونيما فيريدي *Tribonema viride*، كما يبدو العديد من الطحالب الصفراء على هيئة أنابيب غير مقسمة مشكلة مدمجاً خلوياً Coenocyte ، كما هو الحال عند طحلب فوشيريا *Vaucheria sp.*.



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

(أ) كلوروميزون أجيل *Chloromeson agile*، (ب) تريبونيما (بوغة متحركة)، (ج) تريبونيما 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 يطغى 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). يطغى لون صبغ بيتا - كاروتين ß-Caroten على ألوان بقية الأصباغ مما يكسب هذه الطحالب لوناً أصفر يميل إلى الاخضرار قليلاً. كما نجد عند هذه الطحالب أصباغ زانتوفيلية متنوعة منها الفوشيريا زانتين Vaucheriaxanthine والهيترو 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 ذكرية متحركة بواسطة سوطين جانبيين، وأمشاج أنثوية ساكنة.

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

يضم هذا الجنس حوالي ٢٥ نوعاً، تعيش في المياه العذبة الراكدة وعلى سطح الترب الرطبة، عدا أربعة أنواع توجد في البحار، (بغدادي، 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

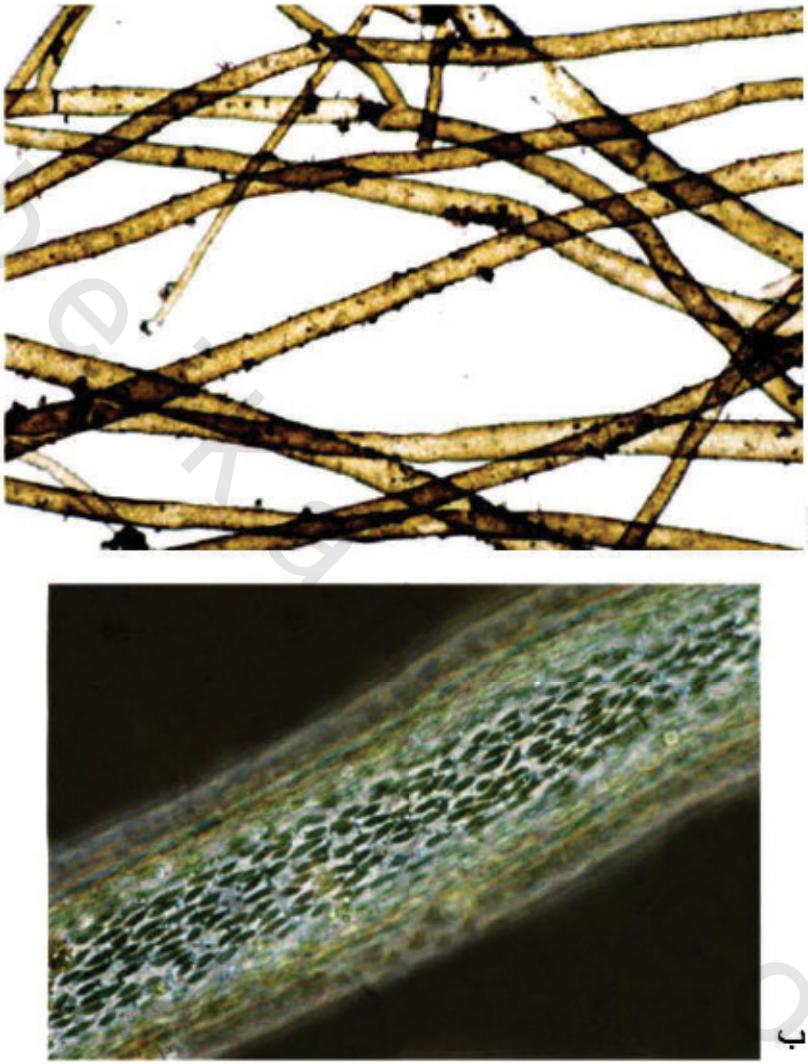
غشاء سيتوبلازمي رقيق. تحتوي البروتوبلازم على نوى عديدة، وأجهزة جولجي، وميتوكوندريا، وبلاستيدات خضراء تتركز في الجهة الخارجية من البروتوبلازما. توجد في أسفل الطحلب أشباه جذور عديمة اللون تفيد في تثبيته إلى الوسط، وتنمو الخيوط الأنبوبية نمواً طرفياً Apical growth مؤدية إلى استطالة جسم الطحلب نحو الأعلى، 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 الأنبوبية، ثم لاتلبث هذه الانتفاخات أن تمتلئ تماماً بالسيتوبلازم والبلاستيدات والنوى. يتكون جدار مستعرض في نهاية الانبوب الطحلبي، 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 سابحة 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، لتُنبت في اتجاهين معطية أنبوبتين، تظل إحداهما عديمة اللون وتخرج منها أشباه جذور، بينما تنمو الأخرى إلى الأعلى مكونة مدمجاً خلوياً أنبوبي الشكل يمثل جسم الطحلب.



الشكل رقم (١١,١٣). طحلب الفوشيريا *Vaucheria sp.*

(أ) خيوط طحلبية متشابكة

(ب) جزء مكبر من الخيط الطحلبي تبدو فيه البلاستيدات الخضراء

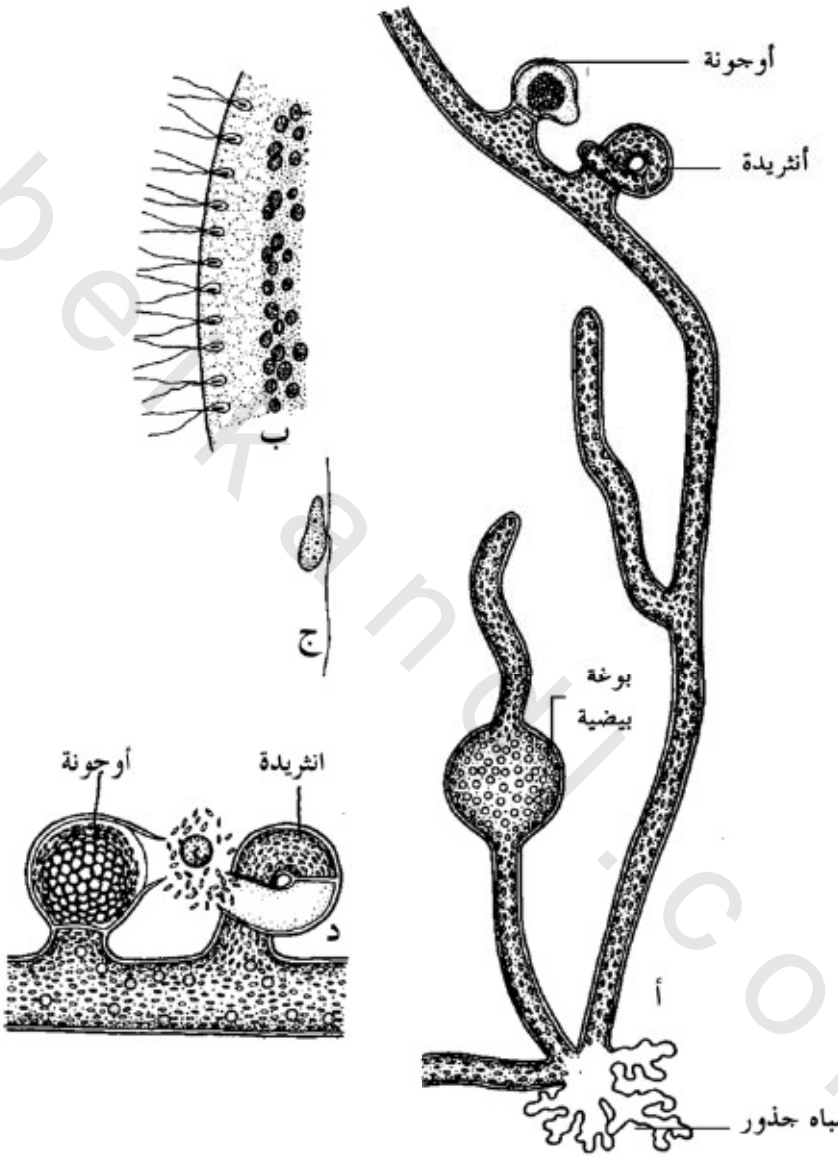
٢- التكاثر الجنسي: يبدأ التكاثر الجنسي مع تكوين الطحلب لأعضاء تذكير (أنثريدات Antheridia مفردها أنثريدة Antheridium) وأعضاء تأنيث (أوجونات Oogonia مفردها Oogonium) توجد عادة على نفس الطحلب.

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 الذكري كمثري الشكل أحادي المجموعة الصبغية (n١).

تأخذ الأوجونة شكلاً كروياً وتحتوي على بيضة واحدة ساكنة أحادية المجموعة الصبغية (n١).

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 (١١,١٤ د). تخرج الأمشاج الذكرية من الأنثريدة عبر ثقب طرفي، وتسبح لتدخل إلى الأوجونة المجاورة، إلا أن واحدة منها فقط تقوم بإخصاب البيضة لتتشكل بيضة ملقحة ثنائية المجموعة الصبغية (n٢)، تحيط نفسها بجدار سميك وتتحول إلى بوغة بيضية Oospore.

تمر البوغة البيضية بفترة سكون تنقسم خلالها نواتها الثنائية (n٢) عدة انقسامات يكون أولها اختزالياً، ليتشكل عدد كبير من النوى الأحادية (n١) التي تشكل مع كتلة السيتوبلازم المحيط أبواغاً مختزلة Meiospores، ينمو كل منها ليعطي طحلباً جديداً.



الشكل رقم (١١,١٤) طحلب الفوشـــــيريا *Vaucheria sp.*

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

(١١,٧,٣) الطحالب الدياتومية Bacillariophyceae

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 (كناتج للبناء الضوئي بفعل الدياتومات بالدرجة الأولى وغيرها من العوالق النباتية والطحالب البحرية) ما بين ٤٠٠ ـ ١٠٠٠ جرام لكل متر مربع سنوياً من سطح الماء.

(١١,٧,٣,١) أهم الخصائص العامة

١ ـ 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 ـ تقوم بعض الدياتومات (الدياتومات المركزية Centrales) خلال تكاثرها الجنسي بإنتاج أمشاج ذكرية سابحة، يمثل كل منها خلية صغيرة أحادية المجموعة الصبغية (n) متحركة بواسطة سوط مفرد يوجد في مقدمة الخلية ومزود بصفين من الأوبار الجانبية.

٣ ـ 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)

تترسب الجدر القاسية للخلايا الدياتومية بعد موتها في أعماق البحار و الأنهار، 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 ـ تحتوي الخلية الدياتومية على بلاستيدة خضراء مفردة أو بلاستيدتين، وتكون البلاستيدة محاطة بغشاء بلاستيدي مضاعف إضافة إلى غشاء مضاعف من الشبكة الاندويلازمية الذي يكون على اتصال من جهة أخرى مع الغشاء النووي. يغزر صبغ الفيكوزانتين Fucoxanthin ضمن البلاستيدات، ويكسب البلاستيدة والخلية لوناً بنياً ذهبياً مميزاً، يوجد إلى جوار هذا الصبغ أصباغ أخرى أهمها الكلوروفيل بنوعيه (أ، ج).ويعتبر السكر المتعدد كريزولامينارين 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

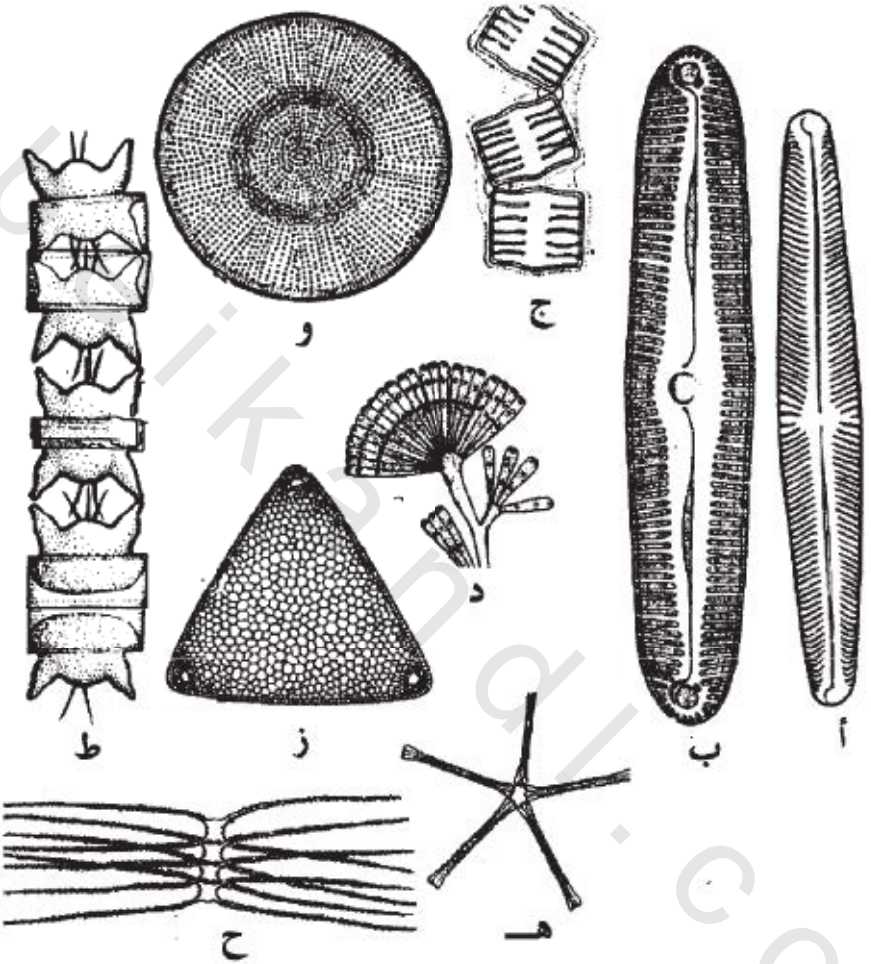
تقسم الطحالب الدياتومية إلى رتبتين رئيسيتين هما الدياتومات المركزية Diatomae centrales والدياتومات المستطيلة Diatomae pennales. يعتمد هذا التقسيم بالدرجة الأولى على شكل المصراعين وطريقة ترتيب التزيينات عليهما.

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 Raphe يلعب دوراً هاماً في حركة الخلية ضمن الماء، حيث تنبثق 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 Raphe، بالإضافة إلى الأجناس الطحلبية التالية: بينولاريا *Pinnularia*، و تابللاريا *Tabellaria*، وليكوموفورا *Licomophora*، وأستريونيللا *Asterionella*، الشكل رقم (١١,١٦ أ، ب، ج، د، هـ).



الشكل رقم (١١,١٦). بعض أنواع الدياتومات.

١- دياتومات مستطيلة: (أ) نافيكولا *Navicula oblonga*، (ب) بينولاريا *Pinnularia viridis*، (ج) تابللاريا *Tabellaria flocculosa* ، (د) ليكوموفورا *Licomophora flabellate* ، (هـ) أستريونيللا *Asterionella formosa*

٢- دياتومات مركزية: (و) كوزينوديسكوس *Coscinodiscus pantocseki*، (ز) تريسيراتيوم *Triceratium distinctum*، (ح) كيتوسيراس *Chaetoceras castracanei*، (ط) بيدولفيا *Biddulphia aurita* ،

(١١,٧,٣,٣) التكاثر

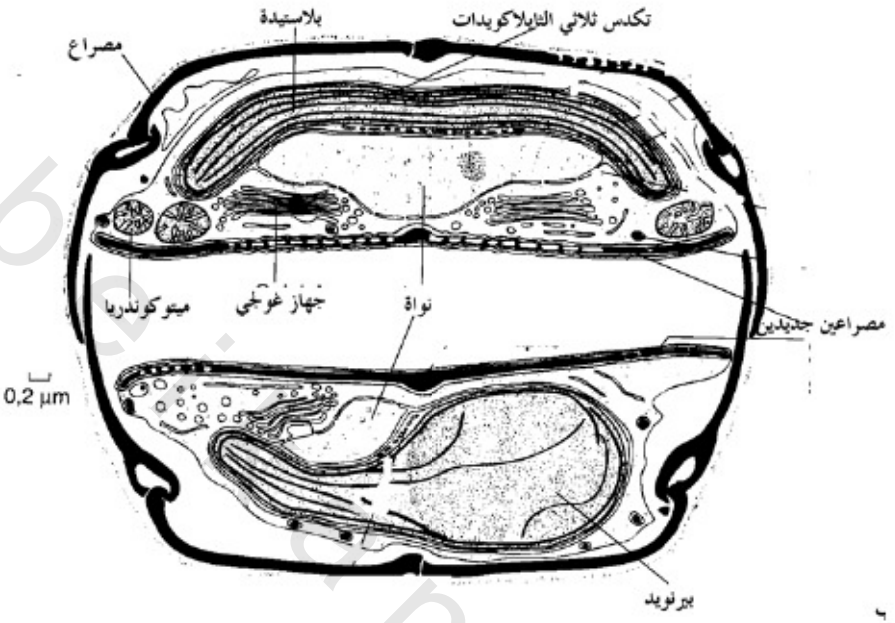
يوجد نمطان لتكاثر الدياتومات أحدهما جنسي والآخر لاجنسي ، وذلك وفقاً لما يأتي :

١- التكاثر اللاجنسي

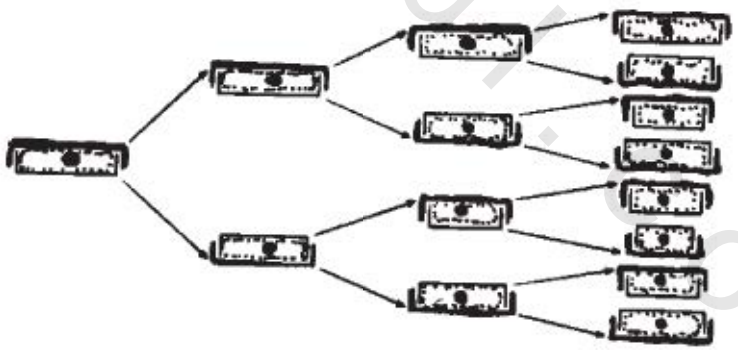
وهو يتم عن طريق انقسام الخلية انقساماً مباشراً إلى خليتين، حيث تبدأ الخلية بالانتفاخ والزيادة في الحجم، مما يؤدي إلى تباعد المصراعين قليلاً عن بعضهما من منطقة الحزام وبدون أن تصبح البروتوبلازم الخلوية حرة في الوسط الخارجي. يعقب ذلك مباشرة انقسام خيطي (ميتوزي) للنواة ولمحتويات الخلية بحيث تتشكل خليتان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



(أ)



(ب)

الشكل رقم (١١,١٧). التكاثر اللاجنسي عند الدياتومات
(أ) خلية دياتومية في بداية الإنقسام 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:

تتقابل 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 (n١) 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 تخرج من كل خلية خارج المصراعين لتتوضع في منطقة الهلام المحيط، ثم تتحد النواتان داخل الهلام مشكلتين البوغة البيضية (٢n) Auxospore التي تحيط نفسها في البداية بغلاف سميك.

تشكل البوغة البيضية في مرحلة لاحقة المصراعين وتنمو 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 (١١,١٨ 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 المصاريع 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 (n١). 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 سابحة.

تقوم إحدى الخلايا الجسمية المجاورة بلعب دور خلية مولدة للمشيج الأنثوي (البيضة)، حيث تنقسم نواتها انقسامين متتاليين مؤدية إلى تشكل أربع نويات أحادية المجموعة الصبغية (n١)، تزول ثلاث منها وتتلاشى، وتبقى واحدة تكبر قليلاً وتتوضع في طرف الخلية محيطة نفسها بالسيتوبلازم الخلوية، وتتحول تدريجياً إلى خلية بيضية.

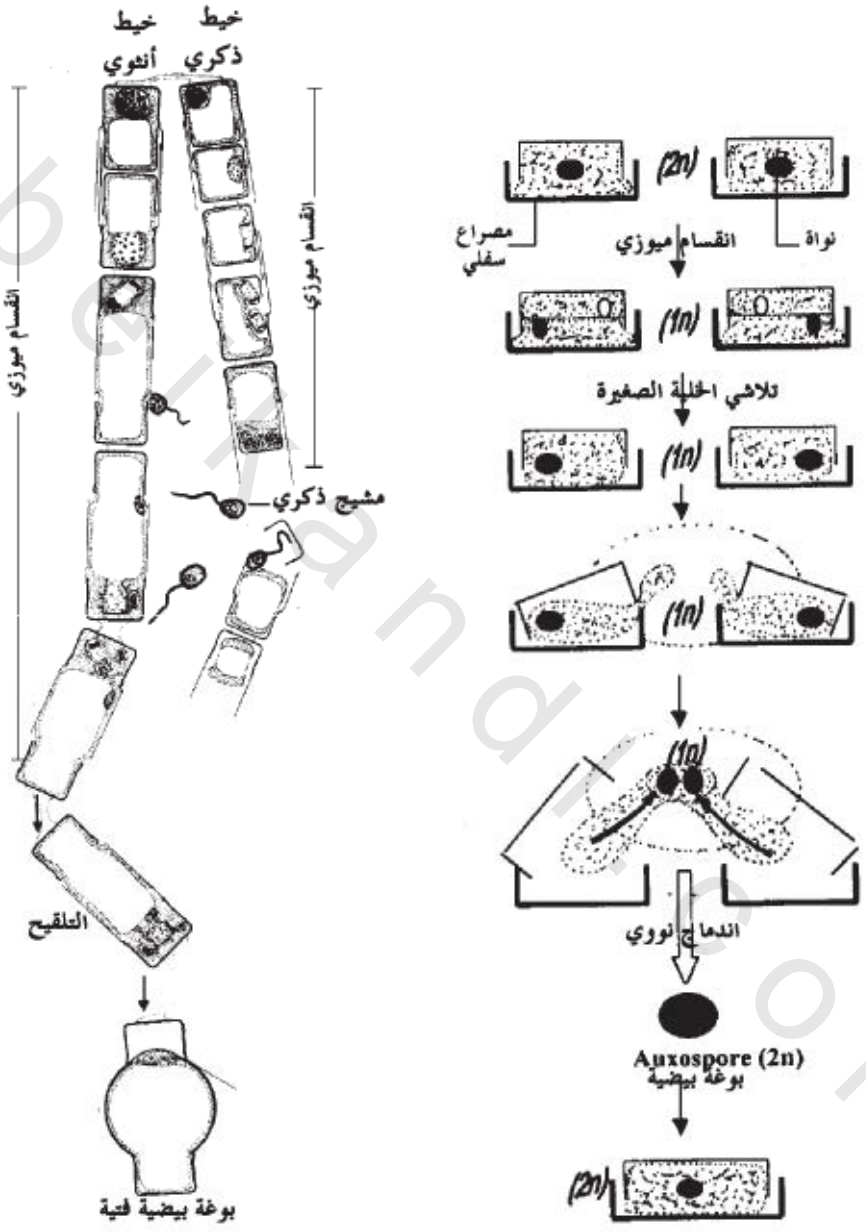
يتباعد مصراعا الخلية قليلاً عن بعضهما وتنثني الخلية في منطقة الحزام بحيث تتحدب السيتوبلازم قليلاً، ويصبح جزء منها على تماس مباشر مع الوسط المحيط. يقوم أحد الأمشاج الذكرية السابحة بالتماس المباشر مع منطقة تحدب سيتوبلازم الخلية البيضية، ويحقن نواته داخل السيتوبلازم، ثم لا يلبث أن يحدث الاندماج بين النواة الذكرية والنواة البيضية، حيث تتشكل البيضة الملقحة Zygote التي تحيط نفسها بغلاف سميك مؤلف من سكريات متعددة وبعض بثور السيليكا، وتتحول إلى بوغة بيضية (٢n) تدعى أوكسوسبور Auxospore. يمكن لبوغة الأوكسوسبور أن تنمو إلى خلية طحلبية عادية مفرزة مصراعاً علوياً وآخر سفلياً، الشكل (١١,١٨ ب).

يُلاحظ في هذه الحالة تشكل بيضة ملقحة واحدة اعتباراً من خليتين إحداهما ذكرية 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.

(١١,٧,٤) الطحالب البنيـــة Phaeophyceae

لقد تم التعرف على حوالي ٢٦٥ جنساً من الطحالب البنية وحوالي ١٨٠٠ نوع، تعيش معظم هذه الطحالب ضمن المياه البحرية الباردة، وينتشر 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 رفيعة 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 (١١,١٩). 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 ١٠-٢٠٠سنتمتر.



الشكل رقم (١١,١٨). 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 أسطواني يشبه الساق ويتفرع إلى عدة أفرع تخرج منها زوائد شبيهة بالأوراق، يبلغ طول هذا الطحلب حوالي ٣٠سم، وتحمل أفراده مثانات 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 لامينار يا *Laminaria sp.* تجمعات نباتية كبيرة مغمورة بالماء تغطي مساحات كبيرة من الشواطئ الشمالية للمحيط الأطلسي، وتبدو معظم أنواعه على هيئة نصل مفرد مزود بماسك يثبته على صخور القاع.

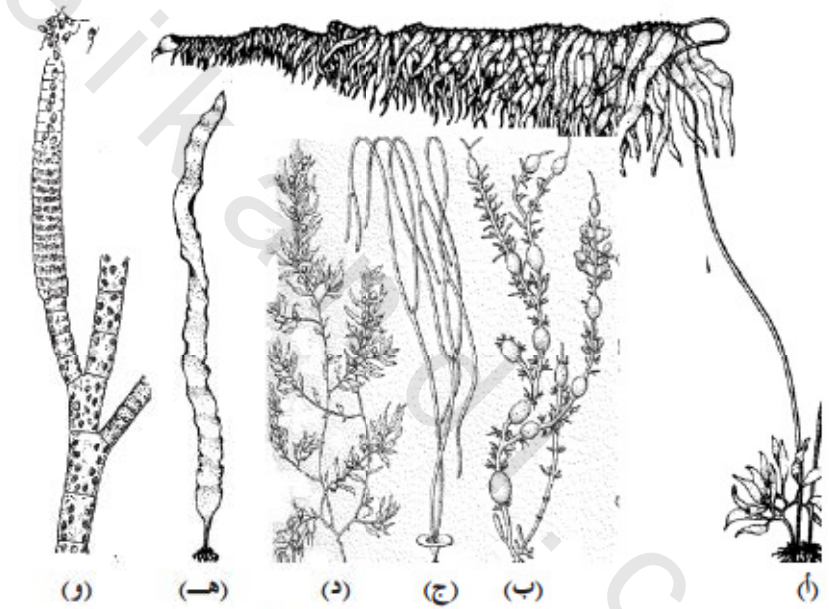
كما تلفت الانتباه تلك الغابات المغمورة بمياه المحيط التي يشكلها أفراد الطحلبين ماكروسيتس *Macrocystis sp.* و نيريوسيتس *Nereocystis sp.*، اللذان ينتشران ضمن المياه الشاطئية لأمريكا الشمالية، ويتراوح طول الفرد ما بين ٣٠- ٦٠ متراً. يبدو جسم الطحلب على هيئة نصل طويل متفرع ومثبت إلى القاع بواسطة ماسك شبه جذري.

(١١,٧,٤,١) أهم الخصائص العامة

١- تعتبر هذه الطحالب كائنات عديدة خلايا، إلا أنها تحرر في الوسط خلايا تكاثرية مفردة متحركة بواسطة سوطين جانبين، يكون أحد السوطين متجهاً إلى الأمام ومزوداً بصفين من الأوبار الدقيقة، بينما يكون الآخر أملساً ومتجهاً إلى الخلف.

٢- يعزى اللون البني لخلايا هذه الطحالب إلى احتواء بلاستيداتها الخضراء على كميات كبيرة من صبغ الفيكوزانتين Fucoxanthin الذي يطغى 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) ماكروسيستيس *Macrocystis pyrifera*، (ب) أسكوفيللوم *Ascophyllum nodosum*،
(ج) هيمانتاليا *Himanthalia lorea*، (د) سارجاسم *Sargassum bacciferum*،
(هـ) لامينياريا *Laminaria saccharina*، (و) اكتوكاربوس *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 (β١,٣ Glucan) Chrysolaminarin 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 سليلوزية 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 + زايللوز 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

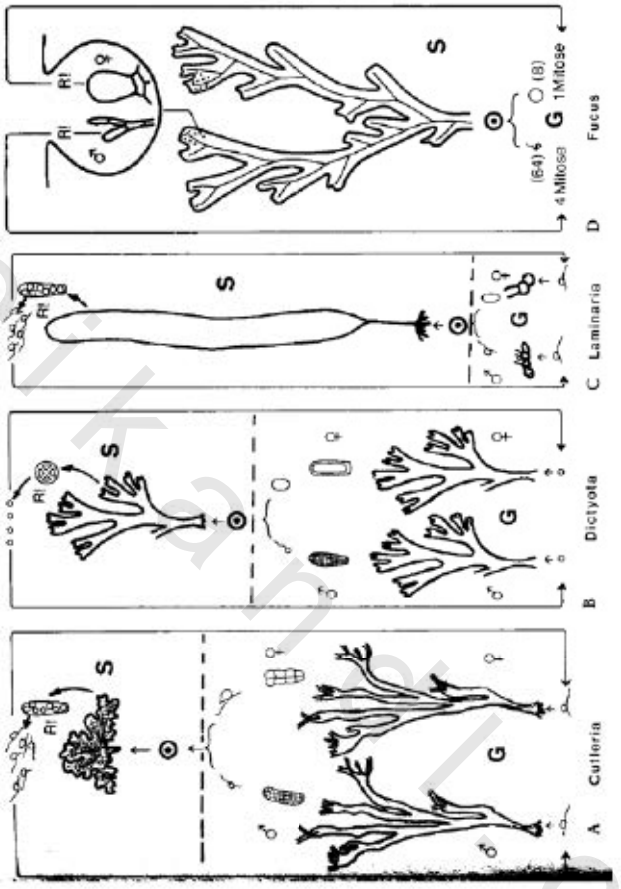
أبواغ ثنائية المجموعة الصبغية (٢n) متحركة بواسطة سوطين Biflagellate Zoospores، تتكون الأبواغ داخل حوافظ بوغية Sporangia محمولة على النبات. ينشأ السوطان من جانب الخلية البوغية، ويكون أحدهما طويلاً ومتجهاً إلى الأمام ومزوداً بصفين من الأوبار، بينما يكون الثاني قصيراً أملساً ومتجهاً إلى الخلف. يمكن لكل بوغة أن تنمو لتعطي طحلباً جديداً.

٦- تتكاثر معظم الطحالب البنية جنسياً عن طريق تكوين أمشاج أحادية المجموعة الصبغية (١n) داخل حوافظ جنسية Receptacles، يوجد من هذه الأمشاج نوعان:

أ) أمشاج متشابهة Isogamy ساكنة أو متحركة بواسط سوطين جانبيين كما هو الحال عند الطحلبين لامينار يا *Laminaria sp.* و كوتلريا *Cutleria sp.*.

ب) أمشاج متغايرة Anisogamy حيث يكون المشيج الذكري سابحاً 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 Meiospores (١n) ساكنة أو متحركة. يمكن لبعض الأبواغ المختزلة أن تنمو معطية نباتات مشيجية أحادية المجموعة الصبغية (١n) بعضها مذكر وبعضها الآخر مؤنث. تتشكل على النباتات المشيجية حوافظ جنسية Receptacles تقوم بإنتاج أمشاج مذكرة أو مؤنثة، تعطي الأمشاج بعد التلقيح البيضة الملقحة، وهكذا...، الشكل رقم (١١,٢٠).



الشكل رقم (١١,٢٠). ظاهرة تعاقب الأجيـــال عند بعض الطحـــالب البنيـــة (G :الطور المشيجي ، S : الطور البوغي ، R : انقسام اختزالي).

(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 ١,٠ – 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 Frond. يوجد في جسم الطحلب عرق وسطي سميك يمتد من الماسك عبر السويقة إلى جميع أفرع المتورق. توجد على جانبي المتورق مثانات هوائية Air bladders متناظرة، تساعد في طفو الطحلب وجعله قائماً في الماء، الشكل رقم (١١,٢٢).

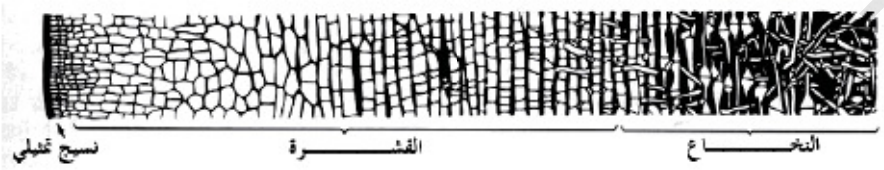
ينمو الطحلب نحو الأعلى عن طريق خلايا مريستيمية قمية، تتوضع في نهايات الأفرع، وتنقسم ثنائياً لتعطي فرعين ينمو كل منهما لفترة، ثم لا يلبث كل منهما أن ينقسم بدوره إلى فرعين جديدين. تحمل نهايات الأفرع الحوافظ الجنسية Receptacles التي تبدو على هيئة انتفاخات كروية تُفتح إلى الوسط الخارجي عبر ثقوب صغيرة. يبدو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

عند إجراء قطاع عرضي في الشريط الطحلبي تظهر ثلاث طبقات رئيسية، الشكل رقم (١١,٢٣)، تكون من الخارج باتجاه الداخل كما يأتي:

١ ــ **النسيج التمثيلي Assimilating tissues**: وهي طبقة ذات خلايا صغيرة مضلعة غنية بالبلاستيدات الخضراء، تتمثل وظيفتها الرئيسية في القيام بالبناء الضوئي و إنتاج 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 ــ **القشرة Cortex**: وهي طبقة ذات خلايا كبيرة رقيقة الجدران، تقوم بتخزين الغذاء الذي تم تصنيعه في النسيج التمثيلي.

٣ ــ **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 الفيوكس، هما كما يلي:

١ ــ **التكاثر الخضري**: يمكن للطحلب أن يتكاثر عن طريق تفتت جسمه إلى أجزاء صغيرة، يستطيع كل منها أن ينمو مكوناً طحلباً جديداً.

٢ ــ **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 (٢n) الذي يشكل جسم الطحلب.

توجد عند هذا النوع من طحالب الفيوكس 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 الحافظة مختلطة، أي أنها تعطي أمشاجاً ذكرية وأخرى أنثوية.

تبدو الحوافظ الجنسية كروية الشكل وتحتوي في داخلها على أعضاء التذكير (الأنثريدات Antheridia) أو أعضاء التأنيث (أوجونات Oogonia) إلى جوار عدد كبير من الألياف والخيوط العقيمة التي تحيط بها، وتُفتح الحوافظ على الوسط المائي المحيط بفتحات صغيرة.

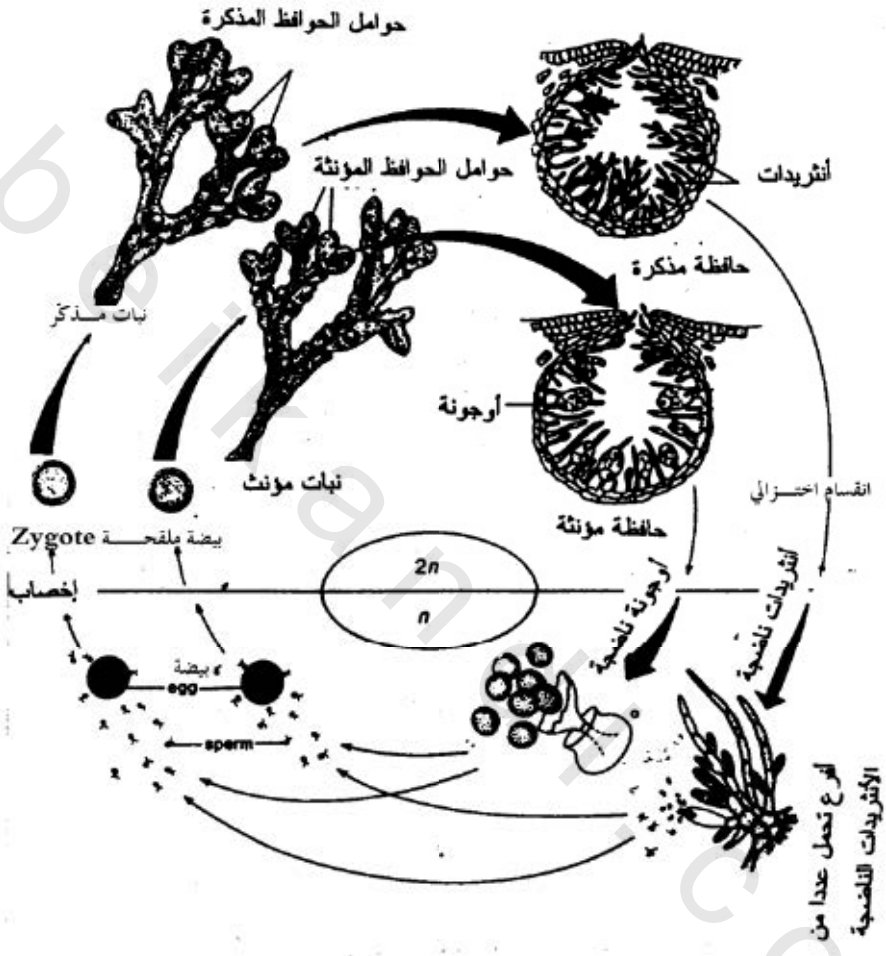
تتشكل الأنثريدات على النبات المذكر داخل الحوافظ الجنسية، تبدو الأنثريدة بيضاوية الشكل وتكون محمولة على خيوط عقيمة عديمة اللون. تنقسم الأنثريدة عدة انقسامات اختزالية، ويتحرر منها بعد نضجها عدداً كبيراً من الأمشاج الذكرية (حوالي ٦٤) السابحة بواسطة سوطين جانبيين.

يتشكل داخل الحوافظ الجنسية المحمولة على النبات المؤنث عدداً محدوداً من الأوجونات. تبدو الأوجونة كروية الشكل أيضاً ولكن أكبر حجماً من الأنثريدة 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 وتتحرر منها البويضات في ماء البحر.

بعد تحرر الأمشاج الذكرية السابحة والأنثوية ضمن ماء البحر تقوم البويضات بإفراز مادة كيميائية (فيرمون الفيوكوسيراتن Fucoserraten) تجذب الأمشاج الذكرية إليها، ولكن مشيجاً ذكرياً واحداً هو الذي يقوم بإخصابها لتتشكل البيضة الملقحة Zygote(٢n)، التي تنمو معطية طحلباً جديداً، الشكل رقم (١١,٢٤).

(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 فيسيكيولوزس *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 اكتوكاربوس *Ectocarpus sp.*

(أ) رسم تخطيطي، (ب) صورة تبين حافظة جنسية وأجزاء من الخيط الطحلبي.

التكاثر

يمكن لهذا الطحلب أن يتكاثر بطريقتين، هما كما يلي:

١- التكاثر الخضري (اللاجنسي): يتكاثر الطحلب خضريا 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 (٢n) 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 نباتا 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 حوافظ 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 حوافظ بوغية تطرأ على خلاياها انقسامات اختزالية لتعطي كل منها عدداً كبيراً من الأبواغ المختزلة أحادية المجموعة الصبغية (n١). يمكن لكل بوغة مختزلة أن تنمو لتعطي نباتاً مشيجياً، وهكذا تتعاقب دورة الحياة.

(١١,٨) الطحالب الحمـــراء 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 الخلوية 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

١ـ تبدو معظم هذه الطحالب حمراء اللون بسبب غزارة الصبغ الفيكوبيليني فيكواريثرين Phycoerytherin ضمن بلاستيداتها الخضراء Chloroplasts. يوجد هذا الصبغ إلى جوار بقية أصباغ البناء الضوئي وأهمها الكلوروفيل أ Chlorophyll a وألفا كاروتين α-Carotin والزيازانتين Zeaxanthin، بالإضافة إلى ذلك تحتوي هذه الطحالب على أصباغ فيكوبيلينية Phycobilins أخرى كالفيكوسيانين Phycocyanin وأللوفيكوسيانين 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، أللوفيكوسيانين) بأنها أصباغ بناء ضوئي ذات طبيعة بروتينية، ولذلك يُلاحظ تبدل لون هذه الطحالب بعد فترة وجيزة من موتها، بسبب سهولة انحلال وغسل الأصباغ الفيكوبيلينية الموجودة ضمن

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

٢ـ 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 بورفيريديوم *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 تفترش التربة أو تعلو سطوح الجدران.

جيليديوم *Gelidium sp.* بورفيرا *Porphyra sp.*.

الشكل رقم (١١,٢٦). صورة لاثنين من الطحالب الحمراء ذوي الأهمية الاقتصادية الكبيرة.

٣ـ تأخذ البلاستيدات الخضراء أشكالاً مختلفة (نجمية، عصوية، قرصية، ...)، وتختلف من الناحية البنيوية 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.

٤ـ يمثل النشاء الفلورايدي Floridean starch المادة الغذائية الادخارية 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.

٥ـ 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 لزج 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 كريسبوس *Chondrus crispus* و ماستوكاربوس ستيلاتوس *Mastocarpus stellatus*، ويدخل في صناعة المواد المثبتة للمستحلبات Emulsions والمعلقات Suspensions في العديد من الصناعات الغذائية والدوائية والنسيجية.

(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 (n١) Monospores : وهي تساهم في التكاثر اللاجنسي، وتتشكل كل بوغة داخل حافظة بوغية Monosporangium تكون

محمولة على نبات مشيجي Gametophyte (طور طحلبي مستقل) وحيد المجموعة الصبغية (n١). تعطي هذه الأبواغ عند إنباتها نباتات مشيجية جديدة.

٢ - أبواغ ثنائية المجموعة الصبغية (كاربوسبورات 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 - سبرمات ذكرية Spermatia وأخرى أنثوية (كاربوجونات Carpogonia). تكون جميع هذه الخلايا أحادية المجموعة الصبغية (n١) ساكنة غير مزودة بالأسواط، وتتشكل داخل حوافظ جنسية مذكرة أو مؤنثة محمولة على النبات المشيجي.

٤ - أبواغ مختزلة Meiospores أحادية المجموعة الصبغية (n١) 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 يطرأ 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 Floridcophyceae. 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 مؤلفاً من خلايا مستقلة ذات بلاستيدات

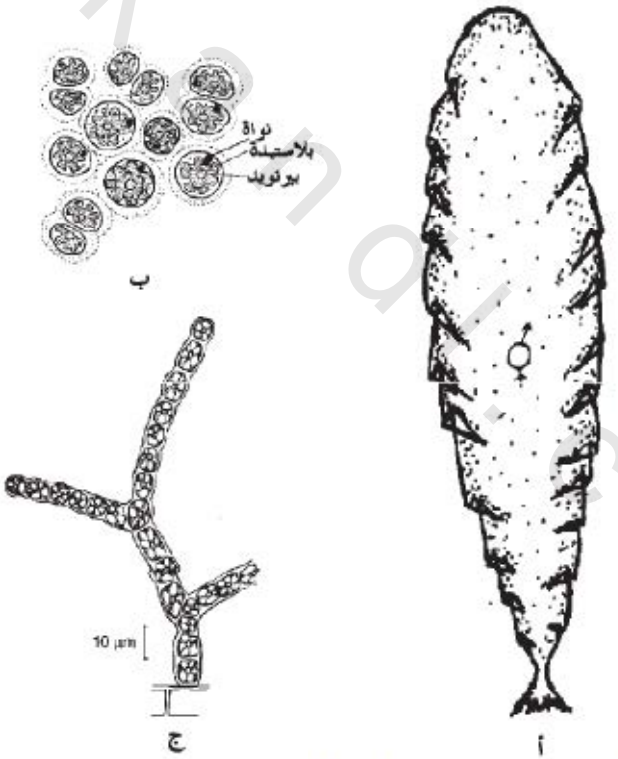
خضراء كبيرة نجمية الشكل. يمكن للخلايا أن تتجمع مع بعضها عن طريق إفرازها لمادة هلامية تجمعها كما هو الحال عند الطحلب بورفيريديوم *Porphyridium sp.* الذي توجد أنواعه في المياه المالحة وفي المياه العذبة وحتى على الترب الرطبة، أو يتألف جسم الطحلب من خيط بسيط متفرع مثل الطحلب كروداكتيلون راموزوم *Chroodactylon ramosum*، أو من ورقة قائمة رقيقة عديدة الخلايا إنما بسماكة خلية واحدة كما هو الحال عند الطحلب بورفيرا *Porphyra sp.*، الشكل رقم (١١,٢٧). توجد أنواع الطحلب بورفيرا مثبتة على الصخور الشاطئية ، وبخاصة في مناطق المد والجزر. ويجري استزراع النوع بوفيرا 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 سلبي ضمن الماء، لتندمج إحداها مع النواة البيضية للمشيج الأنثوي (كربوجونة Carpogone). لا يختلف شكل الكربوجونة عن شكل بقية الخلايا الخضرية المحيطة بها، حيث أنه لا يوجد لديها النتوء الطرفي المسمى تريكوجين Trichogyne. كما لا تقود البيضة الملقحة الناتجة عن هذا التكاثر الجنسي إلى تشكيل الجونيموكارب Gonimocarop، كما هو الحال عند الطحالب الحمراء الأكثر رقياً (الفلوريدية Floridcophyceae)، و من الملاحظ أيضاً غياب الأبواغ المختزلة عند هذه الطحالب.

(١١,٨,٣,٢) الطحالب الفلوريدية Florideophyceae

تعتبر هذه الطحالب النمط الأكثر رقياً 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 البانجيـــة *Bangiophyceae*
(أ) بورفيرا *Porphyra tenera* ، (ب) بورفيريديوم *Porphyridium purpureum* ،
(ج) كرودا كتيلون *Chroodactylon ramosum*

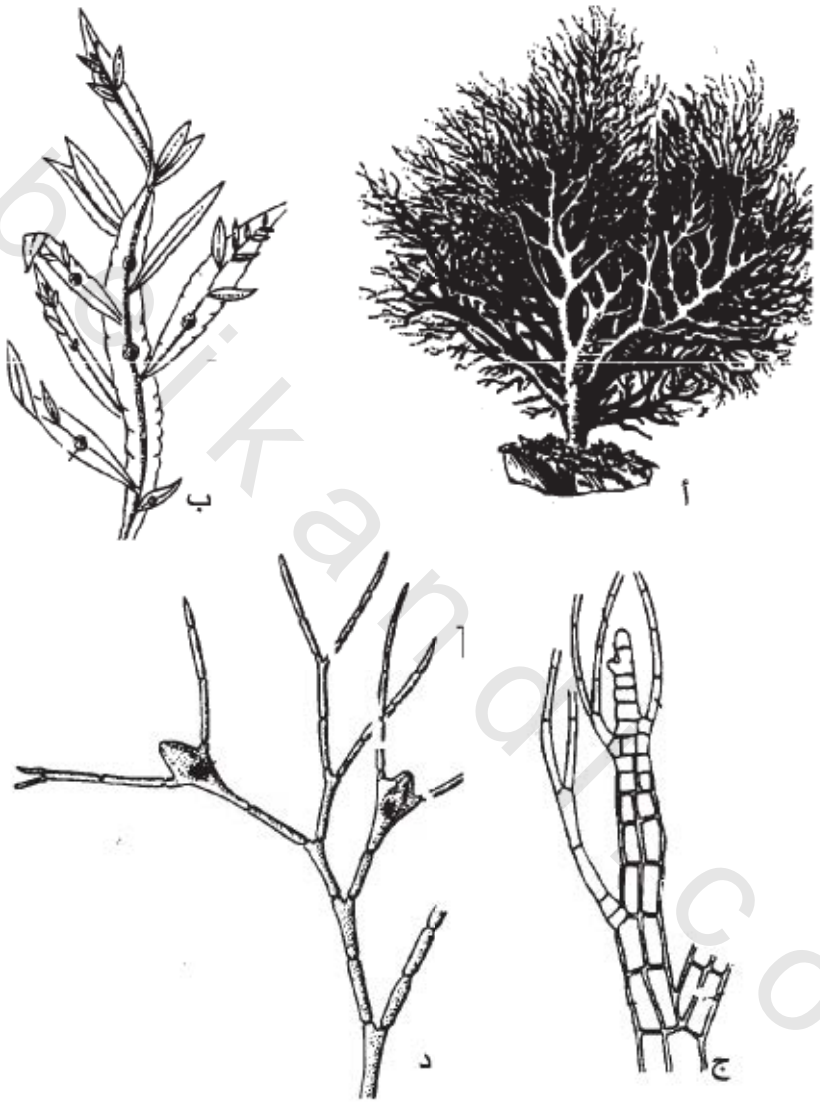
يبدو المشيج الأنثوي (الكربوجونة Carpogone) مؤلفاً من جزء سفلي منتفخ قليلاً يحتوي بداخله النواة البيضية وجزء علوي متطاول (تريكوجين Trichogyne) يعمل على التقاط المشيج الذكري. يتشكل داخل كل حافظة جنسية ذكرية مشيج ذكري واحد Spermatium على خلاف الطحالب البائجية. تشكل البيضة الملقحة بعد الإخصاب جسماً خاصاً 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 بنيته، بل أيضاً بسبب إمكانية استزراعه وتنميته مخبرياً. تحتوي دورة الحياة على طورين متشابهين هما النبات المشيجي (n١) والنبات البوغي (n٢) اللذان يوجدان ضمن الماء على مدار العام.

دورة الحياة: يعتبر النبات المشيجي (n١) Gametphyte لهذا الطحلب نباتاً أحادي المسكن، حيث تكون الحوافظ الجنسية المذكرة والمؤنثة موجودة على نفس النبات. تقوم كل حافظة جنسية مذكرة Spermatangium بإنتاج مشيج ذكري (n١) وحيد، يبدو على هيئة خلية شاحبة عارية ساكنة. تتألف كل حافظة جنسية مؤنثة (كاربوجونة Carpogone) من قسمين أحدهما علوي متطاول يدعى تريكوجين Trichogyne، والآخر سفلي منتفخ توجد فيه النواة البيضية (n١).



الشكل رقم (١١,٢٨). بعض أنواع الطحالب الحمراء الفلوريديـــة *Florideophyceae*.

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

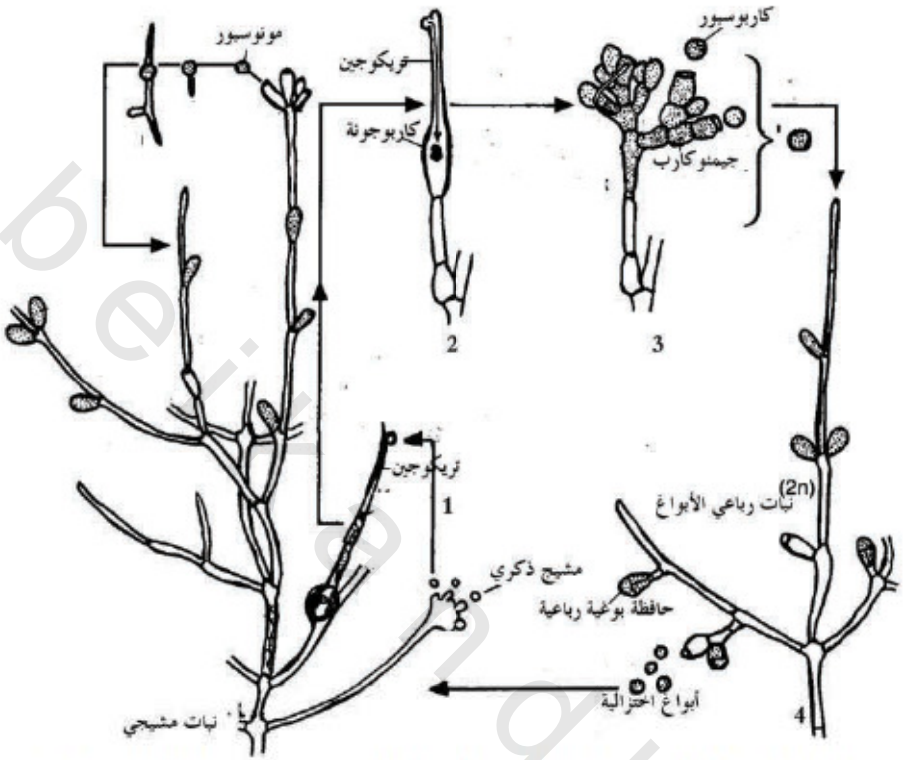
(ج) بوليسيفونيا *Polysiphonia sp*، (د)جانيا *Jania adhaerens*

obeikandl.com

يجري الإخصاب عن طريق انتقال الأمشاج الذكرية Spermatia بشكل سلبي محمولة مع الماء إلى أن يتم التقاط إحداها بواسطة القسم المتطاول (التريكوجين) للكربوجونة الأنثوية. يقوم المشيج الذكري بحقن نواته ضمن التريكوجين، فتنتقل ضمنه باتجاه الأسفل حتى تصل إل النواة البيضية فتندمج معها. تقوم الكربوجونة التي أصبحت بعد الإندماج النووي ثنائية المجموعة الصبغية (٢n) 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 الحوافظ البوغية Carposporangia، ثم تقوم كل حافظة بوغية بإنتاج بوغة وحيدة ثنائية المجموعة الصبغية تدعى كاربوسبور Carpospore.

يمكن لكل بوغة كاربوسبور أن تتقسم وتنمو معطية نباتاً مستقلاً ثنائي المجموعة الصبغية (٢n) يدعى بالنبات البوغي رباعي الأبواغ Tetrasporophyte. يطرأ على كل مجموعة رباعية مولدة للأبواغ انقسام اختزالي مؤدياً إلى تشكل أربعة أبواغ مختزلة Meiospores (١n)، يمكن لكل منها أن تنمو معطية نباتاً مشيجياً Gametophyte جديداً أحادي المجموعة الصبغية. بعد نضج النبات المشيجي تتشكل عليه الحوافظ 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 (١n) تدعى مونوسبورات Monospores، حيث تستطيع كل بوغة أن تنمو معطية نباتاً مشيجياً جديداً مماثلاً للنبات الأم.



الشكل رقم (١١,٢٩). دورة حياة الطحلب أودونيلا انفستنس *Audouniella investiens*

(١١,٩) الطحالب الخضـــراء Chlorophyta

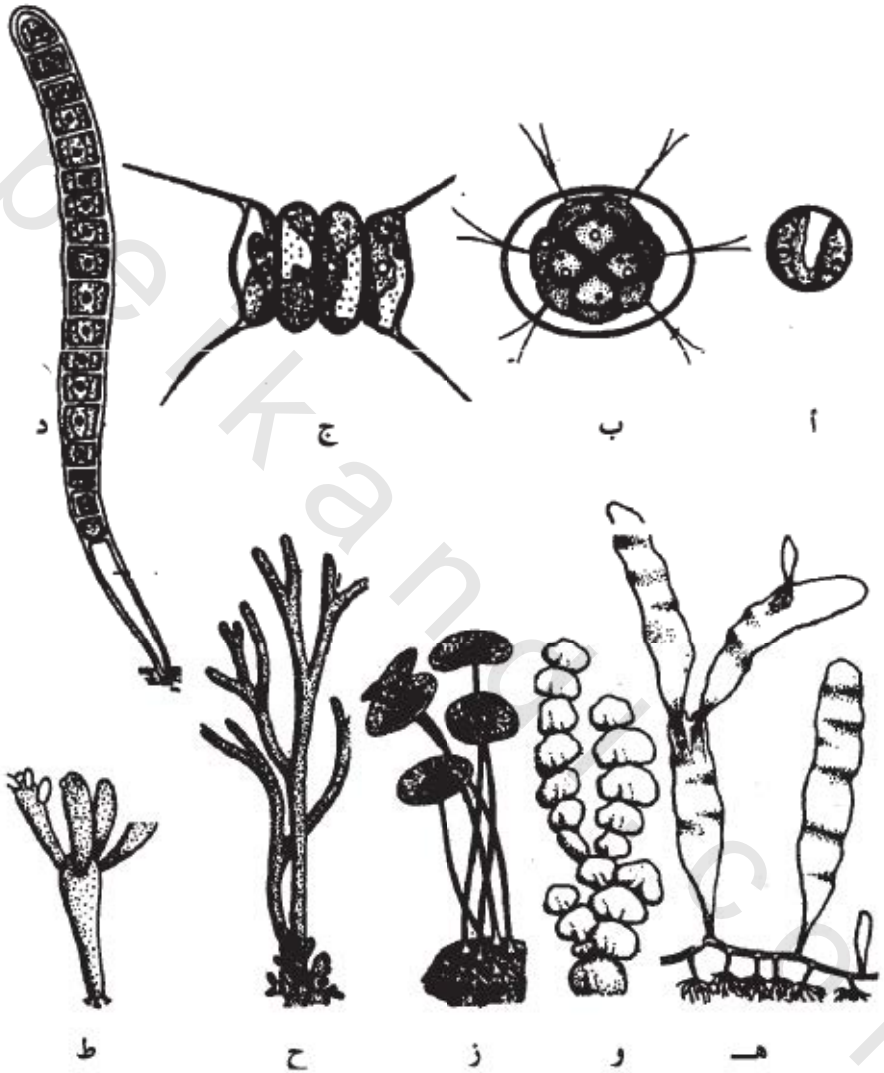
يشتمل هذا القسم على حوالي ثمانية آلاف نوع من الطحالب التي تتوزع ضمن ٥٠٠ جنس، يعيش معظمها (٩٠٪) في المياه العذبة، بينما يعيش القليل منها وبخاصة بعض الأجناس الكبيرة الحجم في المناطق الشاطئية البحرية. كما توجد بعض أجناس الطحالب الخضراء على الترب الرطبة أو متعلقة بجذوع الأشجار، وهنا يصعب على المرء أحياناً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

تتباين 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 سنتمرات 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 الطحلبي عديد الخلايا يأخذ أشكالاً خيطية غير متفرعة مثل يولوتريكس *Ulothrix sp.* و سبيروجيرا *Spirogyra sp.*، أو أنبوبية مثل فالونيا *Valonia sp.*، أو شبه ورقية بسماكة خليتين مثل أولفا *Ulva sp.* وكاوليربا *Caulerpa sp.*، أو متفرعة تترسب ضمن جدرها كربونات الكالسيوم مثل كارا *Chara sp.*، الشكل رقم (١١,٣٠).

obeikandl.com



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

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

obeikandl.com

يشتمل قسم الطحالب الخضراء من الوجهة التصنيفية الحديثة على عشر فصائل (عوائل) هي:

١ ـ فصيلة Chlorophyceae

٢ ـ فصيلة Ulvophyceae

٣ ـ فصيلة Cladophorophyceae

٤ ـ فصيلة Bryopsidophyceae

٥ ـ فصيلة Dasycladophyceae

٦ ـ فصيلة Trentepohliophyceae

٧ ـ فصيلة Pleurastrophyceae

٨ ـ فصيلة Klebsormidiophyceae

٩ ـ فصيلة Zygnematophyceae

١٠ـ فصيلة Charophyceae

(١١,٩,١) 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:

١ـ تحمل الخلايا المتحركة (جسمية أو جنسية) عادة سوطين متشابهين بنيوياً وأحياناً أربعة أسواط متساوية الطول، (بغدادي، ١٩٧٤م).

٢ ـ 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.

obeikandl.com

٣ـ يعتبر النشاء هو الشكل الادخاري للغذاء والناتج النهائي للبناء الضوئي، حيث يتم تخزينه ضمن بيرنويدات Pyrenoids (حبيبات نشوية ـ 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.

٤ـ تُحاط خلايا العديد من الأنواع الطحلبية بجدار خلوي متماسك. يتألف هذا الجدار بنيوياً من جزء ليفي متماسك مؤلف في معظم الأحيان من ألياف سليلوزية، 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.

٥ـ 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 الكلادوفورية Cladophorophyceae، الترنتبوهيلية 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).

٦ـ 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 Zygnematophyceae ، 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 الترب 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.*

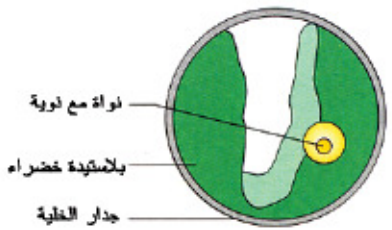
٣- طحالب وحيدة خلية متجمعة على هيئة مستعمرات : مثل فولفوكس *Volvox sp.* و بيدياستروم *Pediastrum sp.* و باندورينا *Pandorina sp.*.

٤- طحالب عديدة الخلايا: ذات أشكال خيطية (مثل يورونيما *Uronema sp.* و أودوجونيم *Oedogonium sp.*)، أو أنبوبية (مثل اتراكتومورفا *Atractomorpha sp.* و هيدروديكتيون *Hydrodictyon sp.*).

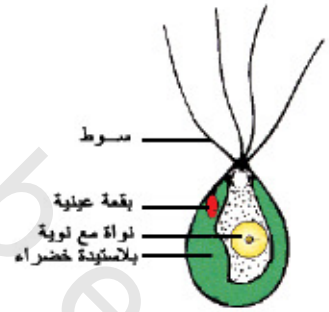
تُحاط خلايا الأنواع الطحلبية المتحركة بجدار خلوي يدخل البروتين في تركيبه بشكل رئيسي على هيئة جليكوبروتين Glycoprotein. بينما يكون الجدار الخلوي أكثر قسوة عند الأجناس غير المتحركة، ويتألف من مجموعة من السكريات المتعددة Polysaccharides، حيث أمكن الكشف عن وجود السليلوز في بنية الجدار لدى بعض الأنواع الخيطية من الطحالب الخضراء. تعتبر دورة حياة معظم الطحالب الخضراء أحادية المجموعة الصبغية Haploid life cycle. ويحدث التكاثر الجنسي عن طريق تشكيل أمشاج بعضها أوكلها سابحة، 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.*

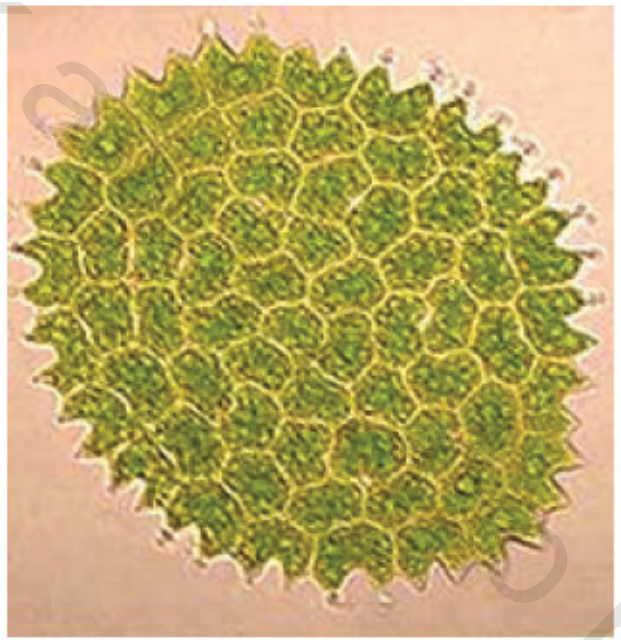
يمثل هذا الطحلب أحد الطحالب الخضراء وحيدة الخلية المتحركة بواسطة الأسواط. ويضم جنس الكلاميدوموناس عدداً كبيراً من الأنواع (حوالي ٦٠٠نوع)، التي يعيش معظمها في المياه العذبة، وخاصة مياه البرك والمستنقعات، وفي الحفر التي تمتلئ بمياه المطر في الشتاء فيكسبها لونا أخضراً. وإذا فحصنا نقطة من تلك المياه تحت 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.



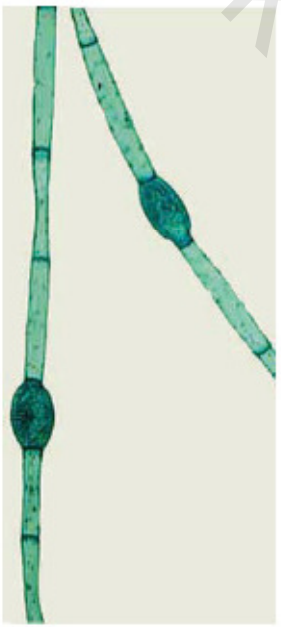
(أ)



(ب)



(ج)



(د)

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

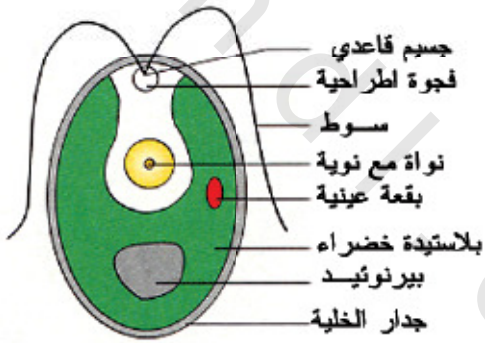
١- وحيدة الخلية: (أ) كلوريللا *Chlorella sp.*، (ب) كارتيريا *Carteria sp.*

٢- مستعمرات: (ج) بيديا ستروم *Pediastrum sp.*

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

obeikan.com

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 (n١)، وتنغمس ضمن السيتوبلازم في وسط الخلية. توجد في الخلية الطحلبية فجوة أو فجوتان منقبضتان 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 كلاميدوموناس *Chlamydomonas sp.*.

التكـــاثر: كما هو الحال عند العديد من الطحالب الخضراء يمكن لطحلب الكلاميدوموناس 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. تنكمش في المرحلة اللاحقة محتويات

الخلية قليلاً عن الجدار الخلوي، وتبدأ النواة (n١) 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 سابحة Zoospore تشبه الخلية الأم في التركيب، إلا أنها أصغر منها حجماً.

تبقى الأبواغ فترة من الزمن داخل الخلية الأم، ثم لا تلبث أن تمزقها وتتحرر منها سابحة 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 الاخضرار 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 الباميللي 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 باميلا (Fryxell, ١٩٨٣).

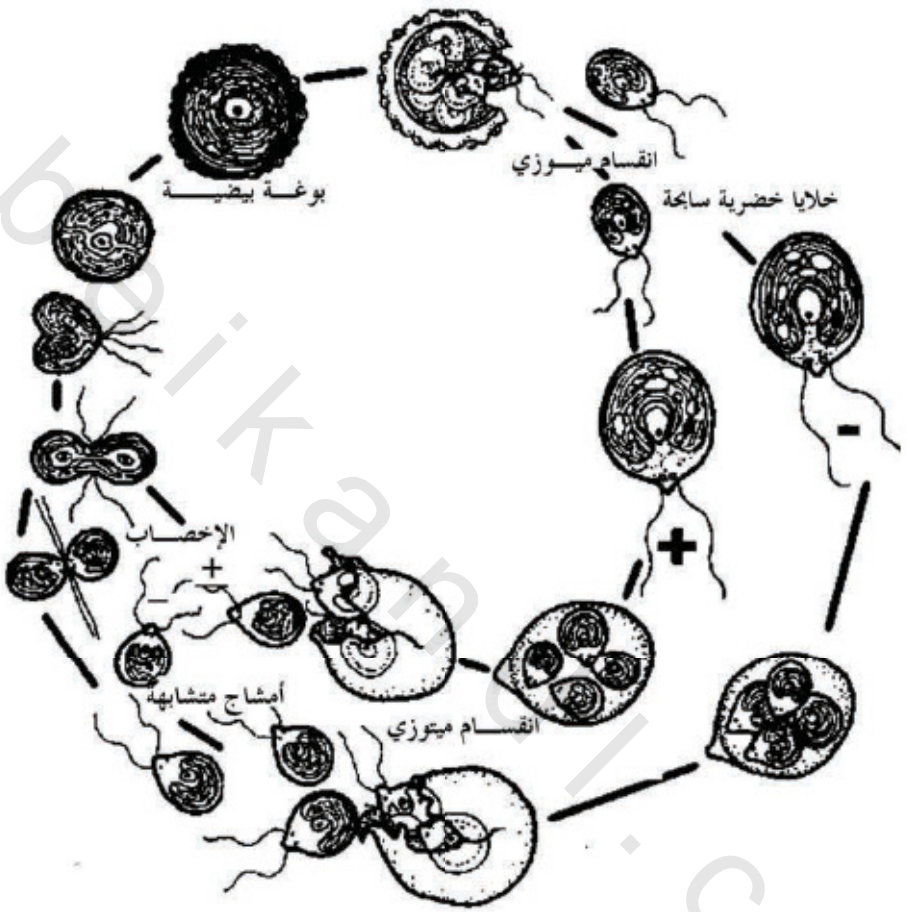
مع تحسن الظروف البيئية وتوفر الماء في الوسط المحيط، لا يلبث أن يتشكل لكل بوغة سوطان. تتحرر بعد ذلك الأبواغ السابحة من الخلية الأم وتعيد دورة الحياة من جديد.

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 بنيوياً وفسيولوجياً 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، لتتشكل بنتيجة 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) Zygospore 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 لابد في هذه الحالة من التفريق بين أمشاج موجبة وأخرى سالبة، بحيث يمكن القول أن الأمشاج التي لم تندمج مع بعضها هي متشابهة بنيوياً وفسيولوجياً (إما موجبة أو سالبة)، بينما الأمشاج التي اندمجت مع بعضها هي متشابهة بنيوياً ولكن متغايرة فسيولوجياً (بعضها موجب والبعض الآخر سالب).

مع توفر الظروف البيئية المناسبة تنشط الأبواغ البيضية ، وتنقسم انقسامين أولهما اختزالي، وينتج عن 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.*

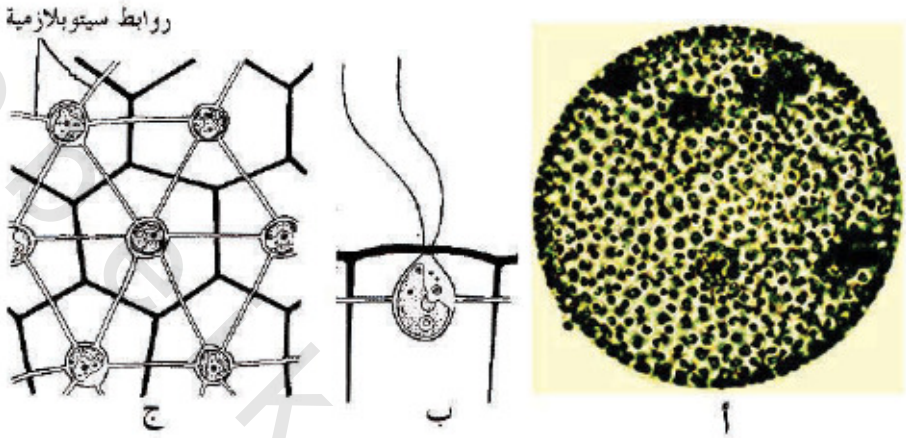
طحلب فولفوكس *Volvox sp.*

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

أبعادهـا مـا بـين ٠,٥ – ١,٥ملـم. و تـشبه كـل خليـة مـن خلايـا مـستعمرة الفولفـوكس خليـة طحلـب الكلاميـدوموناس، حيـث يمكـن تمييـز نـواة وزوج مـن الأسـواط المتماثلـة، وفجـوتين إطـراحيتين (إخـراجيتين) أو أكثـر، وبقعـة عينيـة، 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 *Volovox rousseletii*)، 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 جونيدية Gonidial cells، أنثريدات Antheridia، أوجونات Oogonia) مسؤولة عن التكاثر، توجد في القطب الخلفي للمستعمرة متناثرة بين خلايا جسمية. وبأخذ هذا التمايز وذاك التنسيق بين الخلايا بعين الاعتبار، يمكن القول أن كرة الفولفوكس ليست تجمعاً للخلايا، بل هي إلى حد ما كائن عديد الخلايا.

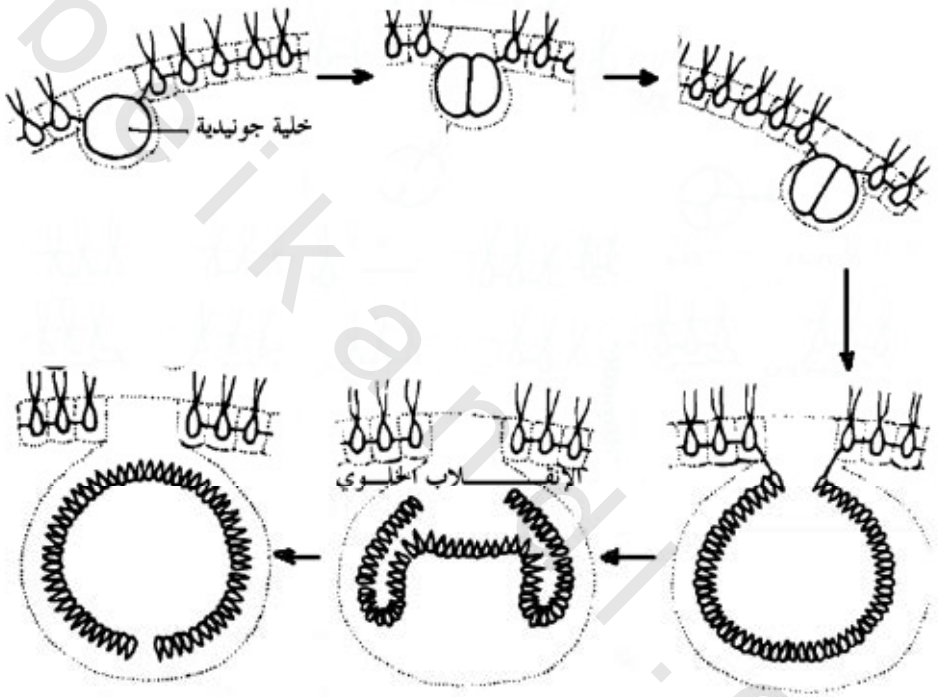


الشكل رقم (١١,٣٤): طحلب الفولفوكس *Volovox sp.*
(أ) مستعمرة طحلية مع ٦ مستعمرات فتية
(ب) خلية من المستعمرة مع روابط سيتوبلازمية مع الخليتان المجاورتان
(ج) طريقة ارتباط الخلايا مع بعضها

التكاثر: يتكاثر طحلب الفولفوكس بطريقتين، هما كما يأتي:

١- التكاثر اللاجنسي: يبدأ التكاثر اللاجنسي مع انقسام بعض الخلايا الجونيدية الموجودة في الناحية الخلفية من المستعمرة الأم انقسامات طولية عديدة مؤدية إلى تشكيل عدد كبير من الخلايا المتراصة إلى جانب بعضها بشكل مماسي. 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 الفولفوكس *Volvox sp.*

٢- **التكاثر الجنسي**: تحتوي بعض المستعمرات الطحلبية في نهايتها الخلفية على خلايا كبيرة الحجم متخصصة بإنتاج الأمشاج التناسلية (ذكرية = 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

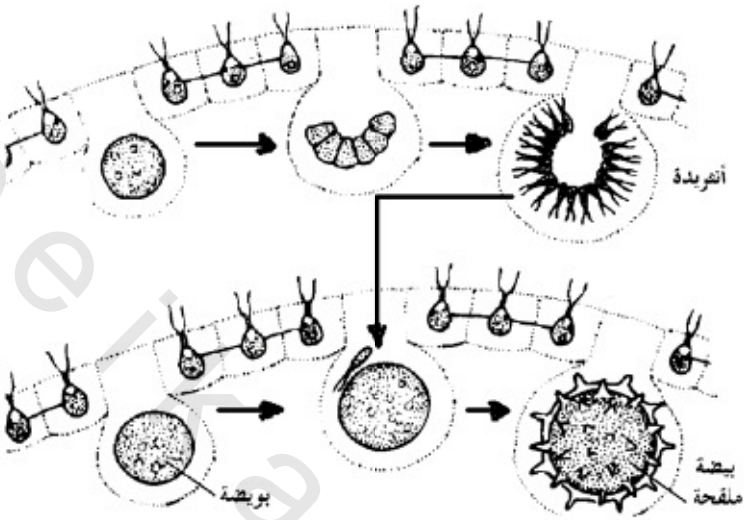
مع نضوج المستعمرة الفتية، أما إذا كان الهرمون الجنسي غائباً عند المستعمرة فإنها لا تستطيع تشكيل خلايا تناسلية وتتكاثر دوماً لاجنسياً.

مع بدء عملية التكاثر تنقسم الأنثريدات 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.

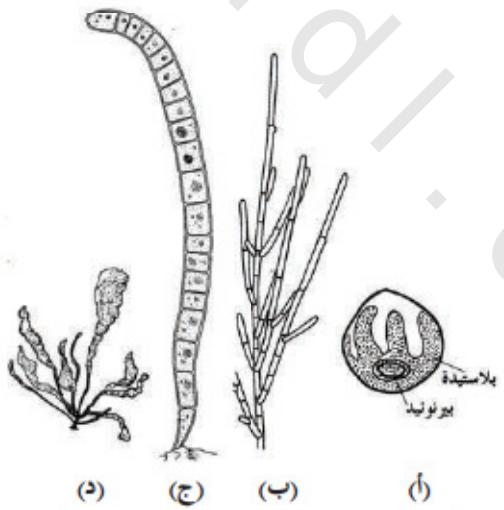
عندما تنضج الأنثريدات فإنها تحرر أعداداً كبيرة من الأمشاج الذكرية، التي تسبح في الماء وتدخل إلى الأوجونات، لكن مشيجاً ذكرياً واحداً هو الذي يقوم بإخصاب البويضة التي تتحول إلى بيضة ملقحة Zygote ثنائية المجموعة الصبغية (٢n)، لا تلبث أن تحيط نفسها بجدار سميك يحمل نتوءات مميزة. تمر البيضة الملقحة بفترة سكون 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 (n١)، 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 أنبوبية حيث يكون جسم الطحلب على هيئة مدمج خلوي عديد النوى (مثل طحلب أكروسيفونيا *Acrosiphonia sp.*)، ومنها طحالب عديدة الخلايا (مثل طحالب يولوثريكس *Ulothrix sp.* و أولفا *Ulva sp.* و انترومورفا *Enteromorpha sp.*)، الشكل رقم (١١,٣٧).



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



(د) (ج) (ب) (أ)

الشكل رقم (١١,٣٧). بعض أنواع الطحالب الأولفية

١- وحيد الخلية: (أ) كلوروسيستس *Chlorocystis cohnii* ؛ ٢- عديدة الخلايا: (ب) أكروسيفونيا *Acrosiphonia sp.*، (ج) يولوثريكس *Ulothrix sp.* ، (د) انترومورفا *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 (n١)، ويكون التكاثر اللاجنسي لديها مسبوقاً دوماً بانقسام ميتوزي.

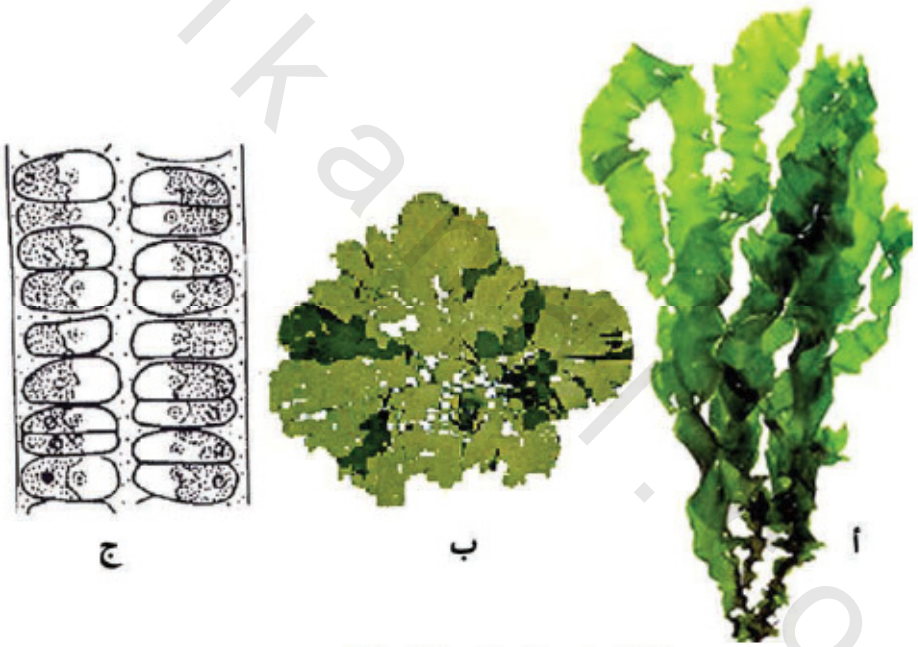
بينما نميز عند الأجناس التي تتكاثر جنسياً طورين نباتيين مستقلين، هما النبات البوغي Sporophyte (٢n) والنبات المشيجي Gametophyte (١n). ينتهي الطور المشيجي بتشكيل البيضة الملقحة Zygote (٢n)، التي يكون جدارها الخلوي رقيقاً، ولا تمر بفترة سكون، بل تنمو مباشرة لتعطي نباتاً بوغياً. وهكذا فإن دورة حياة هذه الأجناس هي من النمط أحادي - ثنائي المجموعة الصبغية Diplohaplоid life cycle.

طحلب أولفا *Ulva sp.*

يدعى هذا الطحلب أيضاً خس البحر Sea lettuce، وينتشر 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 ليبلغ أطوالاً متفاوتة جداً، تتراوح ما بين عدة سنتمترات 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 (٢n) Sporophyte والنبات المشيجي (١n) Gametophyte. كما نميز 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 لمقطع عرضي في ثالوس الطحلب (صفين 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

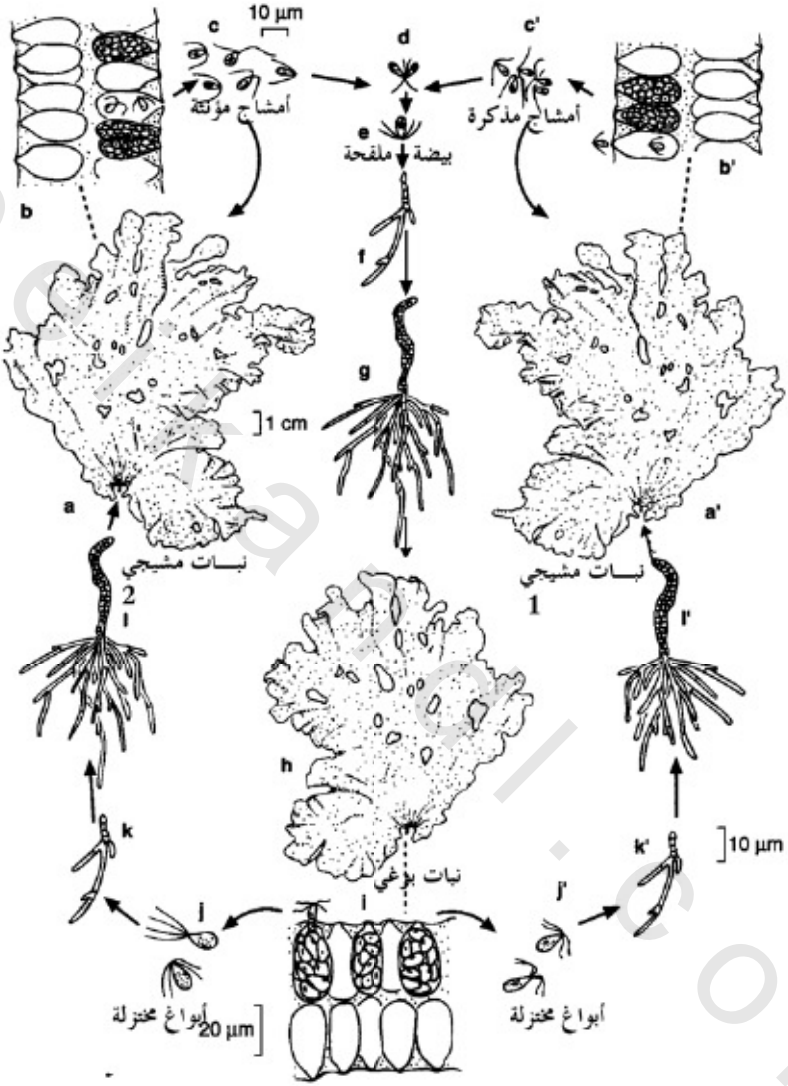
بواسطة سوطين. تقوم الأمشاج الذكرية من نبات بالاندماج مع الأمشاج الأنثوية لنبات آخر، مما يؤدي إلى تشكل البيضة الملقحة رباعية الأسواط. تسبح البيضة فترة من الزمن ثم تستقر في القاع، وتبدأ بالإنبات دون المرور بفترة سكون معطية نباتاً بوغياً فتياً خيطي الشكل. ينمو النبات البوغي الفتي وينمو ليصبح مفلطحاً ويشبه 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 Meiospore (n١) المتحركة بواسطة أربعة أسواط. ينمو قسم من الأبواغ المختزلة ليعطي نباتات مشيجية مذكرة، بينما ينمو القسم الآخر ليعطي نباتات مشيجية مؤنثة، وهكذا تتكرر دورة الحياة من جديد.

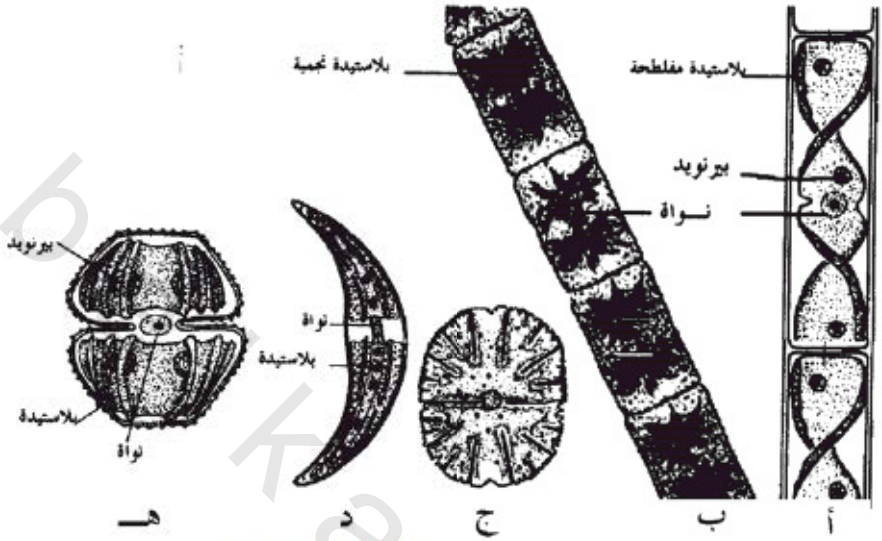
(١١,٩,٢,٣) الطحالب الزيجنيمية Zygnematophyceae (Gamophyceae)

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 السميك 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.* و ميكراستریاس *Micrasterias sp.*)، وأخرى عديدة الخلايا تأخذ أشكالاً خيطية غير متفرعة (مثل موجوتيا *Mougeotia sp.* و زيجنيما *Zygnema sp.* و سبيروجيرا *Spirogyra sp.*)، الشكل رقم (١١,٤٠).



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



الشكل رقم (١١,٤٠). بعض أنواع الطحالب الزيجنيمية

١- عديدة الخلايا: (أ) موجوتيا *Mougeotia sp.*، (ب) زيجنيما *Zygnema sp.*

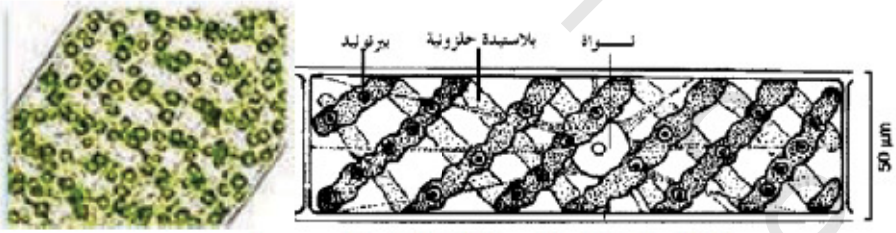
٢- وحيدة الخلية: (ج) ميكراستـــرياس *Micrasterias sp.* ، (د) كلوســـتريوم *Closterium moniliferum*، (هـــ) كوزماريوم *Cosmarium botrytis*.

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 ـ النشوية (بيرنويدات). تحاط الخلية بجدار خلوي مؤلف من ثلاث طبقات هي بالترتيب من الخارج إلى الداخل: طبقة مخاطية (سكاكر متعددة)، طبقة أليـاف طوليـة (سـليلوز)، طبقـة أليـاف عرضـية (سليلوز). يعتبر الثالوس الطحلبي أحادي المجموعة الصبغية (n١)، وتنتهي دورة الحياة بتشكيل بيضة ملقحة Zygote (٢n) ، 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 الطحلبي متطاولة 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 وملتفة حلزونياً ضمن الخلية، وتحتوي كل بلاستيدة على عدد من البيرنويدات، الشكل رقم (١١,٤١). ينمو الخيط الطحلبي ويزداد طولاً عن طريق انقسام خلاياه انقساماً غير مباشر ثم استطالة الخلايا الوليدة (العروسي و وصفي، 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 الطحلبي، ثم يبدأ كل جزء من أجزاء الخيط بالنمو ليعطي طحلباً جديداً.

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

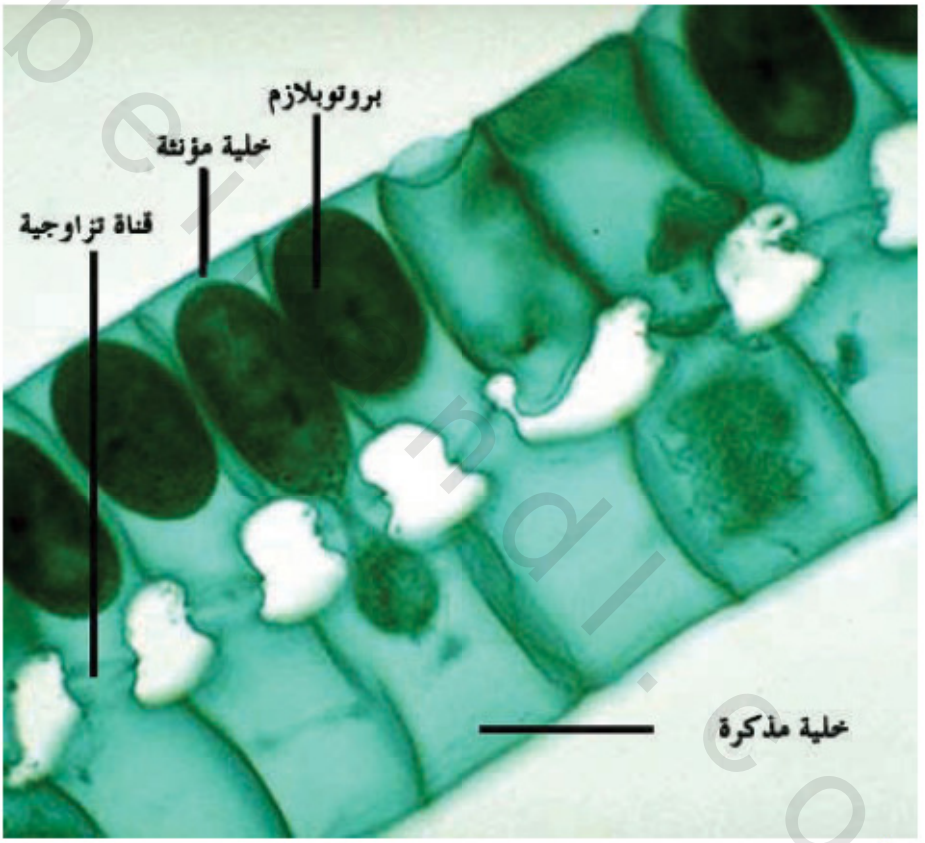
١ ـ يقترب خيطان طحلبيان من بعضهما إلى حد كبير، تبدأ خلايا كل منهما بإفراز هرمونات تؤثر على خلايا الخيط الآخر، الأمر الذي يؤدي إلى انقسام كل خلية إلى خليتين مشيجيتين تترتبان بشكل متقابل.

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

٣ ـ 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 (2n)، الشكل رقم (١١,٤٢).

٤ ـ 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 التزاوجية والعبور السيتوبلازمي عند خيطين متقابلين لطحلب السبيروجيرا. (نقلاً عن الفالح وعياش، ١٤٢٤هـ).

٥ ـ 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 (n١)، تتلاشى ثلاث منها وتبقى واحدة.

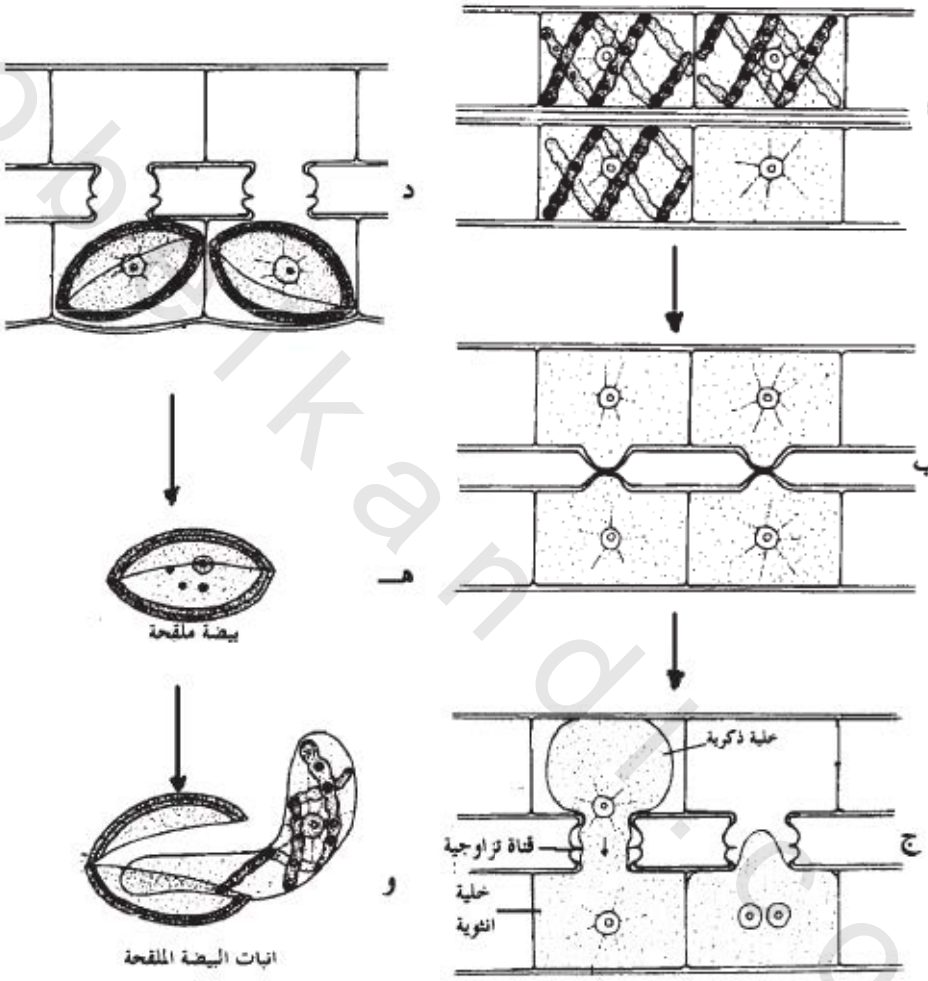
٦ ـ يتمزق جدار البيضة الملقحة ويخرج منها خيط طحلبي صغير، يستمر في النمو ليصبح طحلباً كاملاً ، الشكل رقم (١١,٤٣).

لقد تبين لدى بعض الأنواع القليلة أنه يمكن أن يحدث بين الخلايا المتجاورة في الخيط الطحلبي 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 ٥٠سم. يتثبت الطحلب في قاع البحيرة أو المستنقع بواسطة أشباه جذور Rhizoides، 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 الثالوس الطحلبي بقليل من القساوة ، نتيجة قيام هذه الطحالب بترسيب الكلس ضمن جدرها الخلوية ، لذا فهي تنتشر بشكل كبير في المياه الكلسية القاسية (pH>٧). 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 السبيروجيرا *Spirogyra sp.* (نقلاً عن القالح وعياش ١٤٢٤هـ).

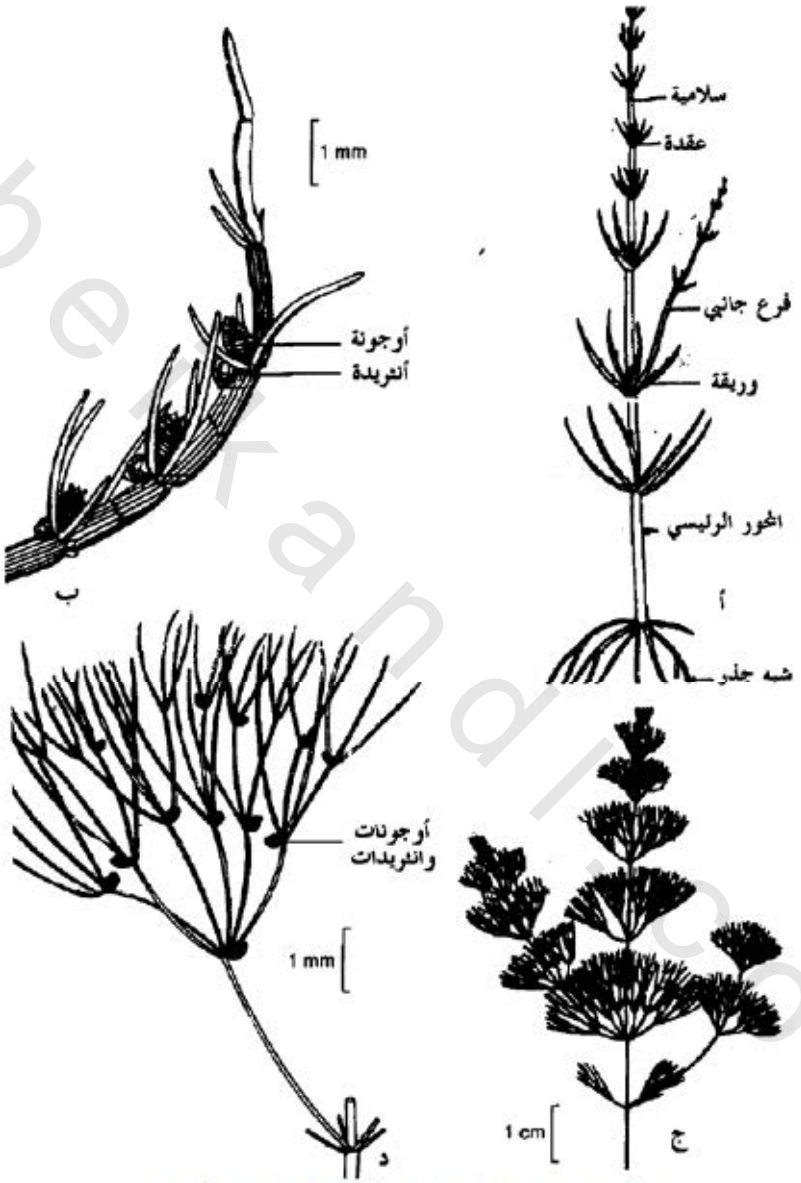
يبدو ثالوس هذه الطحالب مقسماً إلى عقد Node وسلاميات Internode (يشبه النباتات الزهرية إلى حد بعيد). تحمل كل عقدة مجموعة من الوريقات الصغيرة التي

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. يعتقد أن سبب هذه الحركة السيتوبلازمية السريعة يعود إلى غنى الخلية بألياف الميوزين Myosine و الأكتين Actine، 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 (١n)، ويتم التكاثر عن طريق أعضاء جنسية متخصصة (أنثريدات Antheridia 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 الأنثريدة (عضو التذكير) كروية الشكل وتحتوي في داخلها على العديد من الأمشاج الذكرية السابحة بواسطة سوطين، وتحاط ايضاً بمجموعة من الخلايا العقيمة.

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



الشكل رقم (١١,٤٤). اثنان من أجناس الطحالب الكارية.

(أ) طحلب الكارا *Chara sp.*، (ب) وريقة طحلب كارا تحمل الأعضاء الجنسية، (ج) طحلب نيتيلا *Nitella sp.*، (د) فرع جانبي مكبر لطحلب نيتيلا.

طحلب كـــارا *Chara sp.*

يحتوي هذا الجنس على حوالي عشرين نوعـاً، تنتشر جميعها في المياه العذبة مثبتة في القاع على أعماق قليلة بواسطة أشباه جذور، تغوص في الرمـل أو الطمي. يبدو الثالوس الطحلبي 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 سواري 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 الحيـــاة: تعتبر بنية الأنثريدات والأوجونات معقدة نسبياً، و توجد هذه الأعضاء الجنسية على عقد الوريقات، بحيث تكون الأوجونة إلى الأعلى قليلاً من الأنثريدة التي تتوضع تحتها مباشرة.مع نضوج الأنثريدة فإنها تأخذ لوناً أصفراً برتقالياً، وتتشكل بداخلها ٦ ـ ٨ خيوط خصبة مقسمة إلى عدد كبير من الخلايا العرضية (يتألف كل خيط من ٥ ـ 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 (n١) حلزونية تملأ معظم خليته، وينبثق من مقدمته سوطان. يعتبر هذا الشكل الحلزوني للمشيج الذكري مميزاً لجميع الطحالب الكارية.

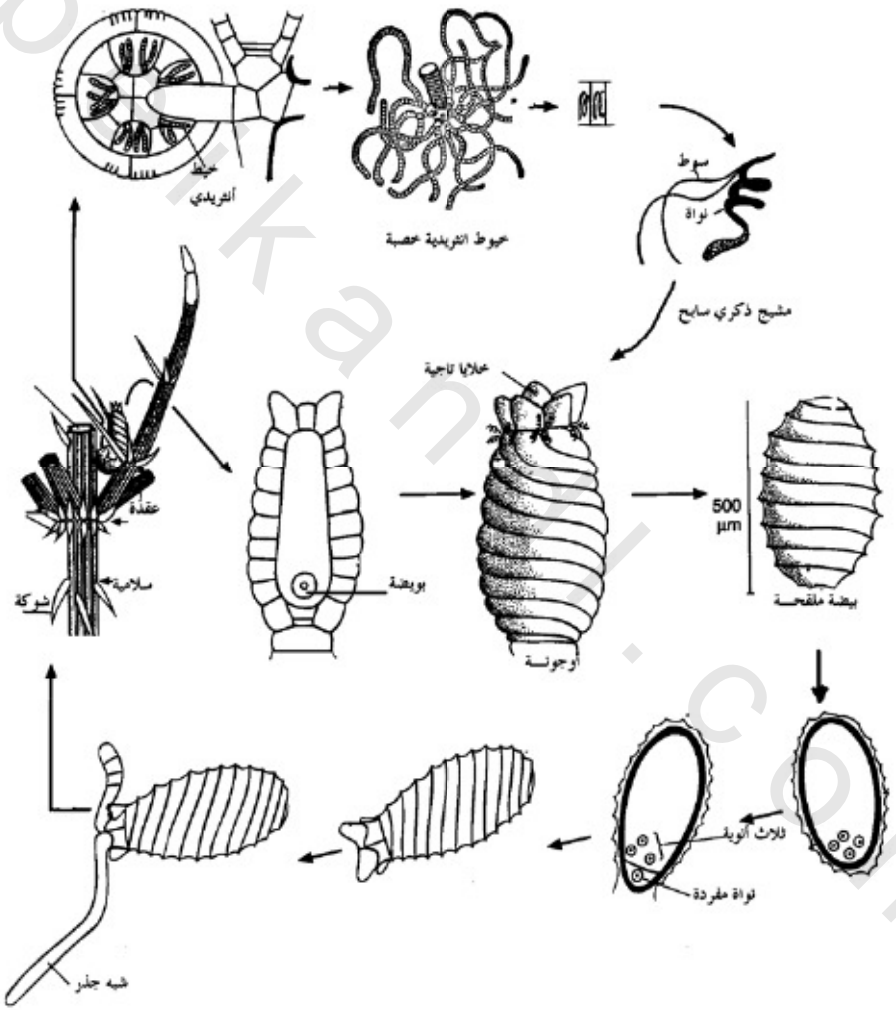
تبدو الأوجونة الناضجة خضراء اللون بيضاوية الشكل محاطة من الأعلى بمجموعة من الخلايا التاجية Coronal cells، تحتوي الأوجونة في داخلها على بويضة وحيدة (n١) تحاط بمجموعة من الخلايا العقيمة. عند بدء مرحلة الإخصاب تقوم

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 (n). تزول ثلاث من هذه النوى، وتبقى واحدة ضمن البيضة. تنمو البيضة بعد ذلك وتنبت معطية طحلباً جديداً.



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