مدونة المناهج السعودية

https://eduschool40.blog

الموقع التعليمي لجميع المراحل الدراسية

في المملكة العربية السعودية

تصنيف عالم النبات والأحياء الدقيقة

د. رأفت حسن عبد الوهاب
أستاذ البيئة النباتية
كلية التربية الأساسية
الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب

د. فضاء ادعيج العون
أستاذ مساعد الميكروبيولوجي
كلية التربية الأساسية
الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب

الكويت
2018

مكتبة الكويت الوطنية
الرقم المعياري الدولي

ISBN:978-99966-801-4-4

الناشر
شركة دار العلم للنشر والتوزيع

الكويت: حولي- ش المثنى- مقابل معهد السكرتارية بنات
تلفون: 22641125 فاكس: 22641120 موبايل: 99596141

جمهورية مصر العربية
كفر الشيخ - مساكن الري - مقابل جامعة كفر الشيخ
تلفون: 0102037838 - 01111453129 - فاكس/تلفون: 0479131585
البريد الإلكتروني: daralelm1@yahoo.com

مقدمة

يتواجـد على سـطح الأرض الملايين من الكائنات الحيـة التي تتنوع في بنيتها التركيبية فمنهـا الكائنات المجهرية وحيدة الخلية، ومنها الكائنات عديدة الخلايا معقـدة التركيب. كذلك تتنوع الكائنات الحية في خصائصـها الوظيفية، وما تتميز بـه من مظاهر حياتية مثل طرق التغذية، والحركة، والتكاثر، وتفاعلها مع الظروف البيئية المحيطة بها. يعتبر علم التصنيف، وبخاصة تصنيف النبات، من أقدم العلوم، حيث اهتم الإنسان، في جهوده للبقاء على قيد الحياة، أن يميز في وقت مبكر بين النباتات المفيدة التي تصـلح كغذاء، أو دواء، أو غيره، والنباتات السامة أو الضارة الأخرى التي يجب أن يتجنبها. ويهتم علم التصـنيف أو التقسيم بتسمية، وتصنيف الكائنات الحية المتنوعة التي تملأ الأرض. وتعتبر دراسـة تصنيف الكائنات الحية من العلوم التى تدلل على عظمة الخالق عز وجل، وبديع صنعه، وتنوع مخلوقاته.

يعتمـد تصـنيف الكائنـات الحيـة علـى الصـفات التركيبيـة والظاهريـة أو المورفولوجية، إضافة إلى الصفات الكيميائية، والوراثية، والفسيولوجية، والخلوية، والبيئيـة، وكذلك الصـفات الجزيئية للمـادة الوراثية. ويهدف علم التصـنيف، من وجهة نظر معظم علماء التصـنيف الحديث، إلى تحقيق تصنيف طبيعي تقسم فيه الكائنات الحية إلى مجموعات توضح مدى التقارب أو التباعد بين الكائنات الحية بناءً على العلاقات التطورية بين هذه المجموعات.

يقـدم كتاب تصـنيف عالم النبـات والأحياء الدقيقة مفاهيم واضـحة عن نظم تسـمية وتقسـيم الكائنـات الحية وبخاصـة البكتيريـا، والفطريـات، والطحالب، والنباتات. كما يقدم الكتاب دراسـة تفصـيلية لتصنيف العديد من الكائنات الحية الممثلة لكل من هذه المجموعات التصـنيفية، وما تتميز به من خصـائص تركيبية ووظيفية متنوعة، إضافة إلى أهميتها البيئية، والاقتصادية. وبهذا نكون قد جمعنا فـي تعرفنا علـى الكائنات الحية وتصـنيفها بين قسـمين أساسـيين مـن العلوم، أحدهما الدراسـات الأكاديمية أو الأساسية التى تصف الشكل الظاهري والتركيب

الوظيفي للكائنات الحية وتفاعلها مع الوسط الذي تعيش فيه، والآخر الدراسات التطبيقية التي توضح أهمية تنوع الكائنات الحية في حياة الإنسان ومنها الأهمية غير المباشرة بما تقدمه من خدمات تعمل على اتزان النظم البيئية، والأهمية المباشرة لتنوع الكائنات الحية، سواءً من ناحية الكائنات الحية النافعة التي توفر العديد من الموارد الاقتصادية مثل الغذاء، والدواء، والكساء، أو من ناحية الكائنات الحية الضارة التي تسبب خسائر اقتصادية بما تتلفه من محاصيل وغذاء، وبما تسببه من أمراض تصيب النباتات والحيوانات والإنسان.

يشتمل كتاب تصنيف عالم النبات والأحياء الدقيقة على ثلاثة أبواب تحتوي على عشرة فصول. يستعرض الباب الأول ماهية علم التصنيف وأهميته وتطوره التاريخي، والنظم الرئيسية فى تصنيف الكائنات الحية وتسميتها. ويتناول الباب الثاني تصنيف الكائنات بدائية النواة، وخصائصها، وتنوعها، وأهميتها البيئية والاقتصادية. ويشمل ذلك المجموعات التصنيفية لكل من مملكة البكتيريا القديمة، ومملكة البكتيريا الحقيقية. وينتهي هذا الباب بدراسة الخصائص العامة للفيروسات وطرق تكاثرها، وما تسببه من أمراض. ويتناول الباب الثالث الحديث عن تصنيف حقيقيات النواة وتنوعها، ويشمل ذلك دراسة تفصيلية للخصائص العامة، وطرق التكاثر، والأهمية البيئية والاقتصادية لثلاث ممالك هي: مملكة الطلائعيات وتضم الطحالب وحيدة الخلية، والطحالب عديدة الخلايا، والأعفان اللزجة، والأعفان البيضية، ومملكة الفطريات وتضم الفطريات الكتريدية، والفطريات الزيجوتية، والفطريات الزقية، والفطريات البازيدية، وأخيراً مملكة النبات وتضم الحزازيات، والسرخسيات، ومعراة البذور، ومغطاة البذور.

وسيلحظ المتأمل في دراسة تصنيف الكائنات الحية مدى التطور والتنوع في بنية الكائنات الحية، وخصائصها الوظيفية، وتكيفها مع أماكن معيشتها، وكذلك تنوع العلاقات التفاعلية فيما بينها. وأخيراً، ندعوا الله عز وجل الخالق البديع أن يتقبل منا هذا الجهد خالصاً لوجهه الكريم.

المؤلفان

المحتويات

مقدمة Introduction	3
الباب الأول **مقدمة في علم التصنيف وتطوره** **Introduction to Systematic Science**	11
الفصل الأول **تاريخ تقسيم الكائنات الحية History of Systematic**	13
تطور تقسيم الكائنات الحية وتسميتها Development of Systematic and Nomenclature of Living Organisms	13
تطور مفهوم المملكة Development of Kingdom Concept	16
المجموعات التقسيمية Classification of Major Groups	28
التقسيم التقليدي والتقسيم التطوري Traditional and Evolutionary Systematic	29
الفصل الثانى **تسمية الكائنات الحية** **Nomenclature of Living Organisms**	31
تنوع الكائنات الحية Biodiversity	31
التسمية المحلية Common names والتسمية العلمية Scientific names	32
علم التصنيف Taxonomy أو علم التقسيم Systematic	33
الباب الثانى **بدائيات النواة Prokaryotes**	41
الفصل الثالث **تصنيف بدائيات النواة Classification of prokaryotes**	43
الفصل الرابع **مملكة البكتيريا القديمة Kingdom: Archaebacteria**	47
الخصائص العامة للبكتيريا القديمة «الأركيبكتيريا» General Characteristics of Archaebacteria	48
تنوع البكتيريا القديمة Diversity of Archaebacteria	48
طائفة البكتيريا المنتجة للميثان Class: Methane Bacteria	48
طائفة البكتيريا الملحية «البكتيريا الحمراء» Class: Salt Bacteria	50

طائفة البكتيريا الكبريتية Class: Sulphur Bacteria	50
طائفة بكتيريا الثرموبلازما Class: Thermoplasma Bacteria	51
الأهمية الاقتصادية للبكتيريا القديمة Importance of Archaebacteria	51
الفصل الخامس **مملكة البكتيريا الحقيقية Kingdom: Eubacteria**	53
الخصائص العامة للبكتيريا الحقيقية وتنوعها General Characteristics and Diversity of Eubacteria	53
شعبة البكتيريا Division: Bacteria	56
أشكال البكتيريا Bacterial Forms	56
حجم الخلية البكتيرية: Bacterial size	60
أماكن تواجد وانتشار البكتيريا Habitats and Distribution of Bacteria	61
التركيب الخلوي للبكتيريا Cellular Structure of Bacteria	62
التغذية في البكتيريا Nutrition in Bacteria	78
النمو والتكاثر في البكتيريا Bacterial Growth and Reproduction	79
العوامل البيئية المؤثرة على نمو البكتيريا Environmental Factors Affecting Grouth of Bacteria	82
الأهمية الاقتصادية للبكتيريا الحقيقية Importance of Eubacteria	89
شعبة البكتيريا الخضراء المزرقة Division: Cyanobacteria	93
التركيب الخلوي للبكتيريا الخضراء المزرقة Cellular Structure of Cyanobacteria	93
التواجد Occurrence	95
التغذية Nutrition والمواد الغذائية المدخرة Reserve food materials	96
التكاثر Reproduction	96
أشكال البكتيريا الخضراء المزرقة Forms of Cyanobacteria	96

103	الأهمية الاقتصادية للبكتيريا الخضراء المزرقة Importance of Cyanobacteria
105	**الفصل السادس** **الفيروسات Viruses**
105	الخصائص العامة للفيروسات General Characteristics of Viruses
106	تكاثر الفيروسات Viral Reproduction
113	**الباب الثالث** **حقيقيات النواة Eukaryotes**
115	**الفصل السابع** **تصنيف حقيقيات النواة Classification of Eukaryotes**
115	الخصائص العامة لحقيقيات النواة General Characteristics of Eukaryotes
117	تنوع حقيقيات النواة Diversity of Eukaryotes
123	**الفصل الثامن** **مملكة الطلائعيات «البروتستا» Kingdom: Protista**
123	الخصائص العامة للطلائعيات General Characteristics of Protista
123	التنوع في الطلائعيات Diversity of Protista
123	**أولاً: الطحالب Algae**
126	**الطحالب وحيدة الخلية Unicellular Algae**
126	شعبة اليوجلينيات Division: Euglenophyta
127	شعبة الدينوفايتات Division: Dinophyta
127	الأهمية الاقتصادية للدينوفايتات Importance of Dinophyta
128	شعبة الدياتومات Division: Bacillariophyta
131	الأهمية الاقتصادية للدياتومات Importance of Bacillariophyta
132	شعبة الطحالب الصفراء المخضرة Division: Xanthophyta
135	شعبة الطحالب الذهبية البنية Division: Chrysophyta

136	**الطحالب عديدة الخلايا Multicellular Algae**
137	شعبة الطحالب البنية Division: Phaeophyta
142	الأهمية الاقتصادية للطحالب البنية Importance of Phaeophyta
143	شعبة الطحالب الحمراء Division: Rhodophyta
144	الأهمية الاقتصادية للطحالب الحمراء Importance of Rhodophyta
146	شعبة الطحالب الخضراء Division: Chlorophyta
146	الأهمية الاقتصادية للطحالب الخضراء Importance of Chlorophyta
161	**ثانياً: الأعفان اللزجة Molds والأعفان البيضية Oomycetes**
161	الأعفان اللزجة Myxomycetes
162	الأهمية الاقتصادية للأعفان اللزجة Importance of Molds
163	الأعفان البيضية Oomycetes
165	التكاثر في الأعفان البيضية Reproduction in Oomycetes
169	**الفصل التاسع** **مملكة الفطريات Kingdom: Fungi**
169	**أولاً: الخصائص العامة للفطريات** **General Characteristic of Fungi**
171	**ثانياً: التنوع في الفطريات Diversity of Fungi**
173	شعبة الفطريات الكتريدية Division: Chytridomycetes
175	شعبة الفطريات الزيجوتية Division: Zygomycetes
177	الأهمية الاقتصادية للفطريات الزيجوتية Importance of Zygomycetes
178	شعبة الفطريات الزقية Division: Ascomycetes
185	الأهمية الاقتصادية للفطريات الزقية Importance of Ascomycetes
188	شعبة الفطريات البازيدية Division: Basidiomycetes

194	الأهمية الاقتصادية للفطريات البازيدية Importance of Basidiomycetes
195	**ثالثاً: تعايش الفطريات مع بعض الكائنات الحية الأخرى** **Symbiosis between Fungi and other organisms**
201	**الفصل العاشر** **مملكة النبات Kingdom: Plantae**
201	**أولاً: الخصائص العامة للمملكة النباتية** **General Characteristic of Plantae**
205	**ثانياً: دورة الحياة وظاهرة تبادل الأجيال** **Life cycle and Alternation of Generations**
209	**ثالثاً: تنوع النباتات Diversity of Plants**
211	**الحزازيات Bryophytes**
214	**التنوع في الحزازيات Diversity in Bryophytes**
214	شعبة الحزازيات الكبدية Division: Hepatophyta
215	شعبة الحزازيات القرناء Division: Anthocerophyta
216	شعبة الحزازيات القائمة Division: Bryophyta
218	الأهمية الاقتصادية والبيئية للحزازيات Importance of Bryophytes
220	**السرخسيات Pteridophytes**
223	**التنوع في السرخسيات Diversity in Pteridophytes**
223	شعبة السيلوديات Division: Psilophyta
224	شعبة الليكوديات Division: Lycophyta
226	شعبة الذيل حصانيات Division: Sphenophyta
230	شعبة التريدات (السراخس) Division: Pterophyta (Ferns)
232	الأهمية الاقتصادية والبيئية للسرخسيات Importance of Pteridophytes
234	**معراة البذور Gymnosperms**
237	**التنوع في معراة البذور Diversity in Gymnosperms**
238	شعبة الجينكودات Division: Ginkgophyta

شعبة السايكيدات Division: Cycadophyta	239
شعبة الجنيتودات Division: Gnetophyta	240
شعبة الصنوبريات Division: Coniferophyta	242
مغطاة البذور «النباتات الزهرية» Angiosperms	248
تنوع النباتات الزهرية Diversity of Angiosperms شعبة المنغوليات Division: Magnoliophyta	257
طائفة نباتات الفلقة الواحدة Class: Monocotyledoneae	260
الأهمية الاقتصادية لنباتات الفلقة الواحدة Importance of Monocotyledoneae	261
طائفة نباتات الفلقتين Class: Dicotyledoneae	262
الأهمية الاقتصادية لنباتات الفلقتين Importance of Dicotyledoneae	263
التنوع النباتي في دولة الكويت	264
قائمة المراجع العربية	267
قائمة المراجع الأجنبية	269
مصادر الصور	271

الباب الأول

مقدمة في علم التصنيف وتطوره

Introduction to Systematic Science

الفصل الأول

تاريخ تقسيم الكائنات الحية

History of Systematic

تطور تقسيم الكائنات الحية وتسميتها

Development of Systematic and Nomenclature of Living Organisms

يرجع الاهتمام بتقسيم الكائنات الحية إلى العصور القديمة وذلك لتداول المعارف الخاصة بهذه الكائنات وبخاصة النباتات الطبية واستخداماتها، حيث تم توارث هذه المعارف عبر آلاف السنين في العديد من الثقافات من جيل لآخر عن طريق التلقين. في أوروبا يعتبر الإغريق أول من بدأوا تدوين تسمية وتصنيف النباتات والحيوانات. اعتقد الفيلسوف أرسطو Aristotle «384-322 قبل الميلاد» أن الكائنات الحية يمكن تقسيمها إلى أنواع مستقلة تبعاً لصفاتها التركيبية والوظيفية. ويعتبر العالم الإغريقي ثيوفراسطس Theophrastus «370-285 قبل الميلاد» أول من حاول تقسيم النباتات حيث قسم ما يقرب من 500 نوع من النباتات إلى أشجار، وشجيرات، وأعشاب معتمداً على طبيعة النمو والصفات الظاهرية للأوراق. كذلك ميز ثيوفراسطس بين النباتات الزهرية وغير الزهرية، ودرس العديد من الخصائص التركيبية للنباتات. قام العالم الإغريقى ديسقوريدس Dioscorides «40-90 ميلادية» بكتابة مؤلفه «De Materia Medica» عن النباتات الطبية والأدوية المفردة سنة 70 ميلادية تقريباً والمعروف بكتاب «الحشائش» أو «الأدوية المفردة». وقد ترجم هذا الكتاب لعدة لغات منها العربية وظل يستخدم كمرجع في النباتات الطبية والعقاقير حتى القرن السادس عشر الميلادي. ويعتبر ديسقوريدس أول من وصف النباتات الطبية في بيئاتها الطبيعية وتتبع مراحل نموها، ووصف طرق جمع وتخزين العقاقير الطبية النباتية والحيوانية.

في بداية القرن الـ11 قام العالم المسلم ابن سينا Ibn Sina «980–1037 ميلادية» بتأليف كتاب «القانون في الطب» "The Canon of Medicine" والذي اشتمل على وصف العديد من النباتات الطبية وأهميتها الطبية وكيفية استخدامها، وقد اعتبر من المراجع الأساسية التي اعتمد عليها الغرب لقرون في مجال الطب. كذلك أسهم العديد من العلماء المسلمين في دراسة النباتات الطبية وتصنيفها مثل أبو المنصور «1177-1241 ميلادية» حيث ألف كتاباً بعنوان «الأدوية المفردة» عن خواص النباتات الطبية، ووصف ابن البيطار «1196–1248 ميلادية» النباتات الطبية وبيئاتها وأشكالها وفوائدها في كتابين هما «المغني في الأدوية المفردة»، و«الجامع لمفردات الأدوية والأغذية»، ووضع الغساني «1548-1611 ميلادية» أسس تصنيف النباتات كما ورد في كتابه «حديقة الأزهار في ماهية العشب والعقار»، وألف الجاحظ كتابه «الحيوان» سنة 233هـ، وفيه وصف أجناس الحيوانات والبيئة التي تتواجد فيها.

في القرن الـ13 تم التمييز بين النباتات ذوات الفلقة الواحدة Monocots والنباتات ذوات الفلقتين Dicots بناءً على تركيب الساق. وفي القرن الـ16 قام العالم الصيني لي شيزن Li Shizhen «1518–1593» بجمع الكثير من المعارف في دليل عن النباتات الطبية "Compendium of Materia Medica" واستخداماتها ضم أكثر من 1200 وصفة طبية استخدم فيها 1074 مادة نباتية، وقد قسم الأعشاب إلى 16 قسماً رئيسياً، و62 قسماً فرعياً. في الفترة من القرن الرابع عشر وحتى القرن السابع عشر كان هناك الآلاف من النباتات والحيوانات في المعاهد الأوروبية والتي أحضرها المستكشفون من أنحاء العالم من الأمريكتين، وآسيا، وأفريقيا. وبناءً على ذلك تضاعف الالتباس بين الأسماء الشائعة والأسماء العلمية، وازداد الاهتمام بالتصنيف العلمي للكائنات الحية. يعتبر العالم الإنجليزى جون راي John Ray «1627–1705 ميلادية» من أهم علماء التصنيف في ذلك الوقت، فقد صنف النباتات والحيوانات على أساس التشابه والاختلاف في الصفات الظاهرية. ويعتبر جون راي أول من عرف النوع كوحدة تصنيفية أساسية في تصنيف الكائنات الحية، ويمثل النوع أفراداً متشابهين تركيبياً ووظيفياً، ويشتركون في معين وراثي واحد، وقادرين على التزاوج فيما بينهم، وإنتاج نسل خصيب. استخدم جون راي العديد

من الخصـائص لوصـف كل نوع من الكائنات الحية. كذلك لاحظ الاختلافات بين نباتات ذوات الفلقة الواحدة ونباتات ذوات الفلقتين.

في القرن الـ18تم الاعتماد على صفات الأزهار والثمار في تقسيم النباتات إضافة إلى الصـفات الظاهرية الأخرى وطبيعة النمو. كانت اللغة اللاتينية هي لغة العلماء ولذلك كتبت معظم العلوم الغربية باللغة اللاتينية، وكذلك الأسماء العلمية للكائنات الحيـة كتبت باللغـة اللاتينية. تم جمـع النباتات في أجناس "Genera" ومفردها جنس "genus" مثـل: *Mentha, Lupinus, Acacia* وتـم تسـمية النباتات بالعديد من المقاطع اللاتينية الوصـفية، وعرف هذا بنظام التسـمية المتعدد Polynomial System. ومع ازدياد أعداد النباتات والحيوانات التي تم وصفها ازداد الاحتياج إلى قوائم طويلة للصـفات حتى يمكن تمييز كل نوع. وعلى الرغم من هذا الوصـف بناءً على الصفات المميزة لم يكن هناك اسم مختصر لكل نوع. في منتصف القرن الـ18 أنشـأ العالم النباتي السويدي كارلوس لينيوس Carolus Linnaeus «1707–1778 ميلادية» نظام التسمية الثنائي Binomial System بدلاً من نظام التسمية المتعدد. ومازال نظام التسـمية الثنائي متبعاً حتـى وقتنا الحالي لذلك يعرف العالم لينيوس بأبو التصنيف الحديث Father of Modern Taxonomy.

نظام التسمية الثنائي Binomial system

يتكون الاسـم العلمي للكائن الحي في نظام التسمية الثنائي من مقطعين، يعبر المقطـع الأول عن اسـم الجنـس والمقطع الثاني يعبر عن صـفة مميزة للنوع كما في المثال التالي: حيث يسـمى نبات البصل علمياً بـ*Allium cepa*. فيعبر المقطع الأول في المثال السابق *Allium* عن اسم الجنس والذي قد يحتوي على العديد من الأنواع، لذلك يأتي المقطع الثاني لتحديد ذلك النوع *cepa*، وبذلك يسـمى النبات باسـتخدام هذين المقطعين *Allium cepa* . ويشـتق المقطع الثاني عادة من أحد الصفات المميزة لذلك النوع فمثلاً يسمى نبات عنب الديب علمياً باسم *Solanum nigrum* وتـدل كلمة *nigrum* في اللغة اللاتينية على اللون الأسـود والذي يصـف لون الثمار في ذلك النوع. يلاحظ أن اسم الجنس يبدأ بحرف كبير في حين يكتب

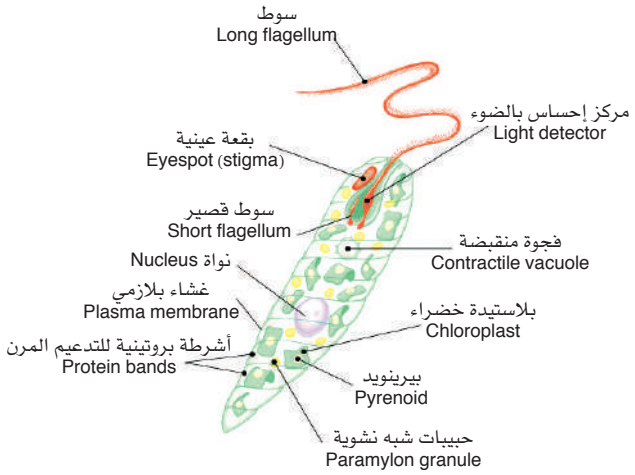
المقطع الثاني كاملاً بالأحرف الصغيرة. وللدلالة على الاسم العلمي كذلك فإنه إما يكتب بأحرف مائلة أو يوضع تحت كل مقطع خطاً لتمييز الاسم العلمى. يلحق الاسم العلمي للنبات برمز مختصر لاسم العالم الذي عرف النبات وسماه فمثلا يكتب نبات البصل علمياً بـ L *Allium cepa*. ويلاحظ أن الاسم العلمي قد الحق بحرف L. وهذا اختصار لاسم العالم Linnaeus.

وفي عام 1753 قام لينيوس بنشر أعماله في جزئين تحت عنوان الأنواع النباتية أو Species Plantarum. في هذا المؤلف قام لينيوس بتقسيم كل النباتات المعرفة أنذاك إلى 24 طائفة "class"معتمداً في ذلك على عدد الأسدية stamens «وهي التراكيب الزهرية التي تحمل حبوب اللقاح». بقية النباتات والكائنات الأخرى التي لا تحمل أزهاراً تم وضعها في طائفة مستقلة. في العصر الحديث تم تطوير القواعد الخاصة بالتسمية الثنائية للنباتات فيما يعرف بالكود الدولي للتسمية النباتية International Code of Botanical Nomenclature.

تطور مفهوم المملكة Development of the Kingdom Concept

(أ) قسمت الكائنات الحية إلى زمن قريب إلى قسمين أساسيين إما نباتات وإما حيوانات وعلى هذا كان هناك مملكتين فقط هما المملكة النباتية والمملكة الحيوانية. وضعت الكائنات الحية التي لا تستطيع الحركة non–motile ولكنها تصنع غذاءها بنفسها «ذاتية التغذية autotrophs» في المملكة النباتية Kingdom: Plantae. ووضعت الكائنات الحية التي تستطيع الحركة ولكنها تعتمد على غيرها في الحصول على غذائها «غير ذاتية التغذية heterotrophs» في المملكة الحيوانية Kingdom: Animalia.

(ب) ولكن مع مرور الوقت تم اكتشاف ودراسة كائنات أخرى لا تتبع التقسيم السابق فعلى سبيل المثال: اليوجلينا "*Euglena*" كائن وحيد الخلية يستطيع الحركة وكذلك يصنع غذائه بنفسه (شكل 1). الفطريات مثل المشروم أو ما يعرف بعيش الغراب والذي كان يتبع المملكة النباتية نجدها لا تستطيع الحركة وفي نفس الوقت لا تستطيع صنع غذائها بنفسها (شكل 2).

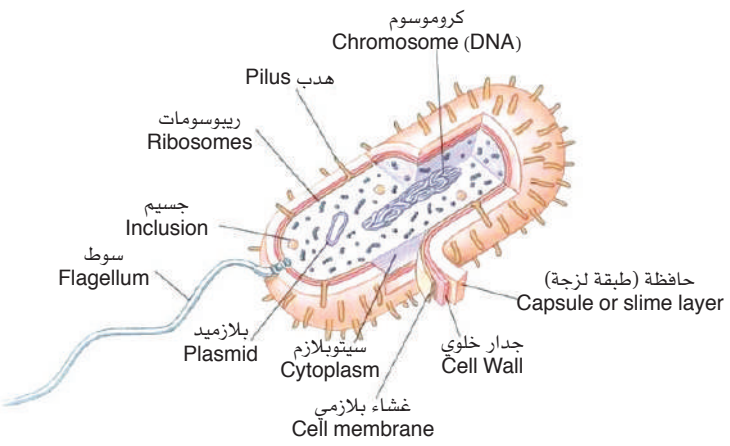


شكل 1: اليوجلينا *Euglena*.

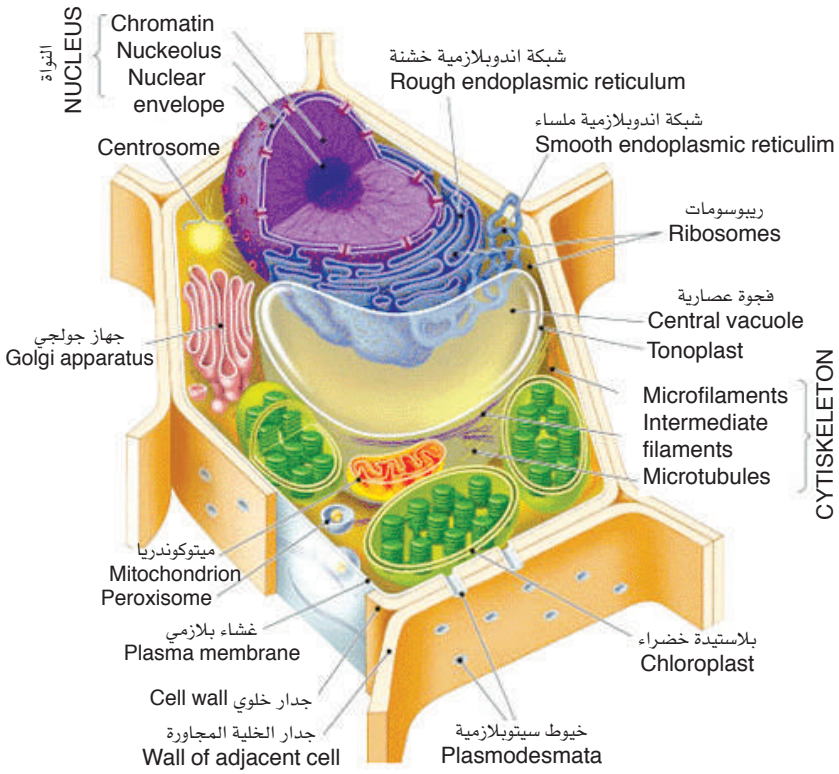
شكل 2: عيش الغراب Mushroom .

(ج) فـي الســتينيات من القــرن الــ19 "1860s" اقترح العالمان هــوج J. Hoog وإرنســت هيــكل Ernest haekel مملكــة ثالثــة تعــرف بمملكة بروتســتا أو الطلائعيات Kingdom: Protista والتي تشتمل على الكائنات التي لا تحتوي على أنســجة معقدة. وتم وضع الطحالب والفطريات والبكتيريا، والبروتوزوا، والكائنــات الدقيقة وحيدة الخلية التي لها صــفتا النبــات والحيوان في هذه المملكة.

(د) أدى تطور الميكروسكوبات ودراسة التراكيب الداخلية للخلايا إلى اكتشاف أن الكائنات الحية تنقســم إلى قســمين رئيسيين تبعاً لنوعية الخلايا وهما: الكائنــات بدائية النواة Prokaryotes وتضــم الكائنات التي تفتقر خلاياها لوجــود غشــاء نووي يحيط بالمــادة الوراثية (شــكل 3). والكائنات حقيقية النــواة Eukaryotes وتضــم الكائنــات الحيــة التــي تتميز خلاياهــا بأنوية حقيقيــة تحاط فيها المــادة الوراثية باثنيــن من الأغشــية البلازمية يعرفا بالغلاف النووي (شكل 4). وتوضح المقارنة التالية بعض أوجه الاختلافات بينهما (جدول 1).



شكل 3: خلية بدائية النواة .



شكل 4: خلية حقيقية النواة - رسم ثلاثي الأبعاد لخلية نباتية تحتوي على بلاستيدات خضراء.

جدول 1: بعض أوجه المقارنة بين بدائيات النواة وحقيقيات النواة.

وجه المقارنة	الكائنات بدائية النواة Prokaryotes	الكائنات حقيقية النواة Eukaryotes
المادة الوراثية	المادة الوراثية في شكل جزيء دائري كبير من الحمض النووي DNA والذي يرتبط به ارتباطاً غير محكم loosely عدد من البروتينات. هذا الجزيء يعرف بالكروموسوم.	الحمض النووى DNA في شكل خطي ويكون عدداً من الكروموسومات الواضحة، بالإضافة إلى أنه مرتبط ارتباطاً وثيقاً ببروتينات تعرف باسم الهيستونات histones والتي تعتبر جزءاً مكملاً لتركيب الكروموسوم.
الغلاف النووي	الكروموسوم في الخلية بدائية النواة يتواجد في منطقة محددة معروفة بالـ nucleoid غير محاط بغشاء.	تحاط الكروموسومات داخل الخلية بالغلاف النووي nuclear envelope والذي يفصلها عن باقي مكونات الخلية مكوناً ما يعرف بالنواة nucleus.
الجدار الخلوي	الخلية بدائية النواة تشترك مع الخلية النباتية في كونها تمتلك جدار خلوي يحيط بالغشاء البلازمي من الخارج بالرغم من اختلاف التركيب.	بينما لا تحتوي الخلية الحيوانية حقيقية النواة على جدار خلوي فإن خلايا النباتات والطحالب والفطريات تحتوي على جدار خلوي.
العضيات	لا توجد بها ميتوكوندريا أو أجهزة جولجي أو بلاستيدات.	توجد بها ميتوكوندريا وأجهزة جولجي وفي الخلايا النباتية المعرضة للضوء يوجد أيضاً بلاستيدات خضراء.
الريبوسومات	الريبوسومات ذات معامل ترسيب 70S وتنتشر في السيتوبلازم.	الريبوسومات ذات معامل ترسيب 80S.
التكاثر الجنسي	لا يوجد بها تكاثر جنسي.	يوجد بها تكاثر جنسي.
التنوع	تشمل الخلايا بدائية النواة البكتيريا والبكتيريا الخضراء المزرقة Cyanobacteria.	تشمل الخلايا حقيقية النواة الطحالب والفطريات والنباتات والحيوانات.

(هـ) فـي 1938 قام العالـم هيربارت كوبيلانـد Copeland بفصـل الكائنات وحيدة الخلية بدائية النواة والتي كانت تتبع مملكة البروتسـتا ووضـعها في مملكة جديدة سـماها مملكة مونيرا Kingdom: Monera. وترك الطحالب والفطريـات والكائنـات وحيـدة الخلية الأخـرى التي تنتمي إلـى الكائنات حقيقية النواة في مملكة بروتستا.

(و) ونظراً لوجود اختلافات في طرق التغذية بين الكائنات الموجودة في مملكة البروتسـتا تبعا لتقسـيم كوبيلاند، فقد قام العالم ويتيـكار Whittaker في 1969 ميلادية بوضـع تقسـيم للكائنات الحية يشـتمل علـى خمس ممالك حيـث قام بفصـل الفطريات وجعلها مملكة مسـتقلة (شـكل 5). وقد لاقى هذا التقسيم ترحيب كثير من علماء البيولوجيا. وتقسم الكائنات الحية تبعاً لنظام الخمس ممالك الذي وضعه العالم ويتيكار كالتالي:

(1) مملكة مونيرا Kingdom: Monera

وضـعت جميـع الكائنـات بدائيـة النواة في مملكـة واحدة هي: مملكـة مونيرا Kingdom: Monera والتـي تتميـز بعـدم وجـود أنوية حقيقية وعضـيات وتكاثر جنسي. وتشمل البكتيريا والبكتيريا الخضراء المزرقة.

في حين تم تقسيم الكائنات حقيقية النواة إلى أربع ممالك هي:

مملكـة البروتسـتا Protista، ومملكـة الفطريـات Fungi، والمملكـة النباتيـة Plantae، والمملكة الحيوانية Animalia

(2) مملكة الطلائعيات «البروتستا» Kingdom: Protista

تتميـز بمجموعة متنوعـة من الكائنات حقيقيـة النواة وهي إمـا وحيدة الخلية أو مسـتعمرات أو عديـدة الخلايـا. يتـم التكاثر بطـرق عديدة بداية من انشـطار

الخلية وانقسامها إلى التكاثر الجنسي. يوجد بها تنوع في طرق التغذية. تشتمل على الطحالب والبروتوزوا، والكائنات التي لا تحمل صفات محدده للنباتات أو للفطريات أوللحيوانات. مثل بعض الكائنات التي كانت تعرف في السابق على أنها من الفطريات.

(3) مملكة الفطريات Kingdom: Fungi

الكائنات التي تتبع هذه المملكة حقيقيات النواة، غير متحركة، خيطية، تفتقد البلاستيدات. وهي كائنات عديدة الخلايا فيما عدا الخمائر، الجدر الخلوية مكونة من الكايتين. غير ذاتية التغذية تعتمد على امتصاص غذائها من الأجسام الميتة «ترمم» أو من الأجسام الحية «تطفل». يوجد بها التكاثر الجنسي واللاجنسي.

(4) المملكة النباتية Kingdom: Plantae

الكائنات التي تتبع هذه المملكة حقيقيات النواة، غير متحركة، عديدة الخلايا، تحتوي على البلاستيدات، الجدر الخلوية مكونة من السليلوز. ذاتية التغذية من خلال البناء الضوئي. ويوجد بها التكاثر الجنسي واللاجنسي، ولكن التكاثر الجنسي هو الأكثر شيوعاً.

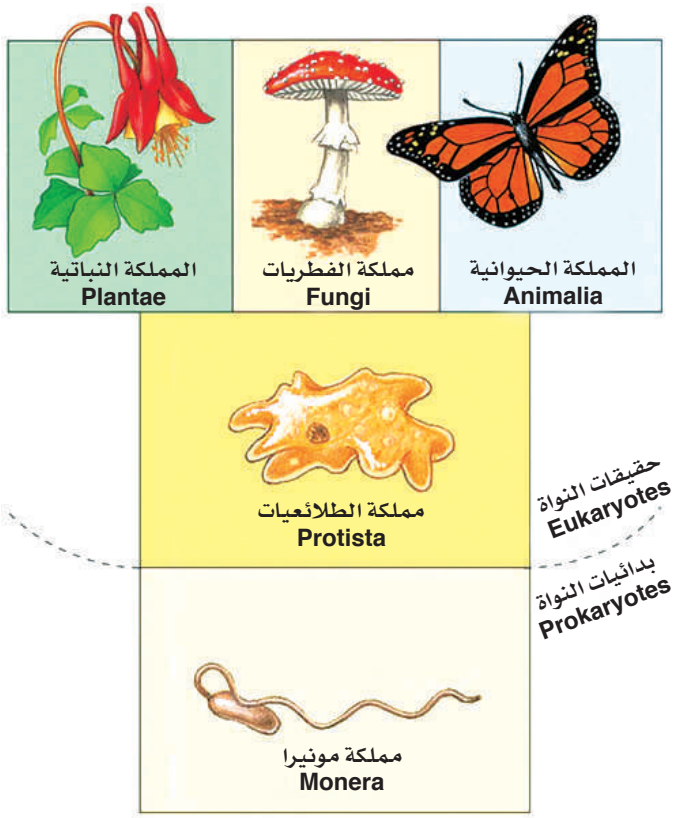
يمكن تقسيمها إلى نباتات لابذرية وتضم الحزازيات والسرخسيات، ونباتات بذرية وتضم معراة البذور ومغطاة البذور ولا تندرج الطحالب تحت هذه المملكة.

(5) المملكة الحيوانية Kingdom: Animalia

الكائنات التي تتبع هذه المملكة حقيقيات النواة، متحركة، عديدة الخلايا، تفتقد البلاستيدات والجدر الخلوية. غير ذاتية التغذية تعتمد على التهام الغذاء وهضمة داخل أجسامها سواء كان مصدره نباتي (حيوانات آكلة العشب Herbivorus) أو حيواني (حيوانات آكلة اللحم Carnivorus). تتكاثر من خلال التكاثر الجنسي Sexual reproduction. يمكن تقسيمها إلى قسمين أسايين هما الفقاريات واللافقاريات. تضم الفقاريات الأسماك،، والبرمائيّات، والزّواحف،

والطّيور والثدييات. أما اللافقاريات فتضـم الإسـفنجيات، والرخويات، والديدان، والعناكب، والحشرات وغيرها.

إلـى هنـا نكون قد وصـلنا إلى تطـور مفهوم المملكـة من خلال أربعـة أنظمة مختلفة لتقسـيم الكائنـات الحية بدأت بنظـام المملكتين وانتهـت بنظام الخمس ممالك (جدول 2).



شكل 5: نظام الخمس ممالك الذي وضعه العالم ويتيكار.

جدول 2: أربع نظم مختلفة لتقسيم الكائنات الحية إلى ممالك، تبدأ بالنظام القديم الذي يقسم الكائنات الحية إلى مملكتين، وتنتهي بنظام ويتيكار الذي يقسم الكائنات الحية لخمس ممالك.

مملكتان (النظام التاريخي القديم)	ثلاث ممالك هوج وهيكل (1860)	أربع ممالك كوبيلاند (1938)	خمس ممالك ويتيكار (1969)
المملكة النباتية Plantae	مملكة البروتستا Protista	مملكة مونيرا Monera	مملكة مونيرا Monera
		مملكة البروتستا Protista	مملكة البروتستا Protista
			مملكة الفطريات Fungi
	المملكة النباتية Plantae	المملكة النباتية Plantae	المملكة النباتية Plantae
المملكة الحيوانية Animalia	المملكة الحيوانية Animalia	المملكة الحيوانية Animalia	المملكة الحيوانية Animalia

ثلاث نطاقات Three domains

أوضحت الدراسات الوراثية والبيولوجيا الجزيئية الحديثة أن بدائيات النواة أو ما يعرف بمملكة مونيرا يمكن فصلها إلى مملكتين نظراً لاختلافهما في مكونات الجدار الخلوي، وفي دهون الغشاء البلازمي، وفي الحمض النووي الريبوزي الريبوسومي ribosomal RNA بالإضافة إلى اختلافات في صفات أخرى كيموحيوية. وبناءً على ذلك اقترح العالم كارل ووز (Carl Woese) وآخرون في عام 1990 أن تقسم الكائنات الحية بداية إلى ثلاث نطاقات "three domains"، والنطاق "Domain" يعتبر وحدة تصنيفية أكبر من المملكة يمكن تسميتها بفوق المملكة Superkingdom، وهذه النطاقات الثلاثة هي: بكتيريا Bacteria، والعتائق Archaea، وحقيقيات النواة Eukarya (شكل 6). ويعتبر نطاق العتائق أقرب إلى نطاق حقيقيات النواة لاشتراكهما في بعض الصفات مثل خلو الجدار الخلوي من

البيتيدوجليـكان، وعدم تأثر نمو الخلايا بالمضـادات الحيويـة، وتعدد أنواع إنزيم بلمرة الحمض النووي الريبوزي (جدول 3).

ويتبـع كل نطـاق من هذه النطاقـات مملكتين أو أكثر. فعلى سـبيل المثال يتبع نطـاق حقيقية النواة أربعة ممالك. ويتبع نطاق العتائق مملكتان، وما زال تصـنيف نطاق بكتيريا تحت الدراسـة وقد تقسـم إلى أكثر من مملكتين. وحديثاً قام العديد من العلماء بمراجعة الكائنات الحية التابعة لمملكة بروتسـتا ومنهم توماس كافلييه سـميث (Cavalier-Smith) ومايكل روجيـرو (Michael Ruggiero) وآخرون، في الفترة من 2010 وحتى 2017، أدت إلى فصـل بعض الكائنات من مملكة بروتستا وخاصـة الطحالب التـي تحتوي على أصـباغ كلوروفيل C «مثـل: الطحالب البنية والدياتومـات» إضـافة إلـى أنواع من الأعفان البيضـية في مملكة مسـتقلة تعرف بمملكة كرومسـتا Kingdom: Chromista، وعليه قسـمت مملكة الطلائعيات إلى مملكتيـن منفصـلتين هما: مملكـة بروتـوزوا «الأوليـات» Kingdom: Protozoa، ومملكة كرومستا «الطلائعيات الصبغية» Kingdom: Chromista.

وبهذا قد يصـل تعـداد الممالك إلى 9 ممالك أو أكثـر. ولكننا في هذا الكتاب سـوف نكتفي بدراسـة سـت ممالـك رئيسـية six kingdoms، تنـدرج تحت هذه النطاقات الثلاثة على النحو التالي:

نطاق بكتيريا Domain: Bacteria

تضم مملكة البكتيريا الحقيقية Kingdom: Eubacteria، وتشمل بدائيات النواة التي تحتوي على حمض الميوراميك muramic acid في الجدار الخلوي. تشـتمل مملكة البكتيريا الحقيقية على غالبية البكتيريا والبكتيريا الخضراء المزرقة.

نطاق العتائق Domain: Archaea

تضـم مملكة البكتيريا القديمة Kingdom: Archaebacteria وتشـمل بدائيات النواة التي لاتحتوي على حامض الميوراميك muramic acid في الجدار الخلوي. تتميـز البكتيريـا القديمـة ancient bacteria بقدرتها على المعيشـة في البيئات القاسية.

وتضم مملكة البكتيريا القديمة Kingdom: Archaebacteria أربع طوائف هي:

طائفة: بكتيريا الميثان Class: Methane Bacteria

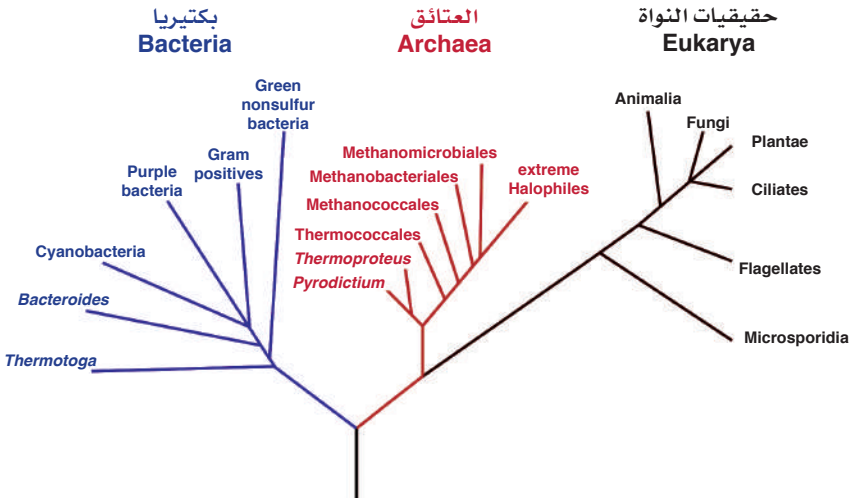
طائفة البكتيريا الملحية Class: Salt Bacteria

طائفة البكتيريا الكبريتية Class: Sulpholobus Bacteria

طائفة البكتيريا الحرارية Class: Thermoplasma

نطاق حقيقيات النواة Domain: Eukarya

تضـم جميع الكائنات حقيقية النواة. وقد سبق شرح صفاتها العامة. يضم هذا النطاق أربع ممالك هي: البروتسـتا أو الطلائعيات Protista، والفطريات Fungi، والنباتية Plantae، والحيوانية Animalia.



شكل 6: شجرة افتراضية توضح نشأة وتطور الكائنات الحية، استناداً إلى التسلسل الجيني للحامض النووي الريبوزي الريبوسومي 16S rRNA، يظهر التاريخ التطوري لثلاثة نطاقات من الحياة وهي: البكتيريا والعتائق، وحقيقيات النواه تبعاً لمقترح كارل ووز (Carl Woese) وآخرون في عام 1990.

جدول 3: مقارنة بين نطاقات بكتيريا والعتائق وحقيقيات النواة.

وجه المقارنة	بكتيريا	العتائق	حقيقيات النواة
الغلاف النووي	لا يوجد	لا يوجد	يوجد
عضيات محاطة باغشية بلازمية	لا يوجد	لا يوجد	يوجد
جدار خلوى مكون من الببتيدوجليكان	يوجد	لا يوجد	لا يوجد
دهون الغشاء البلازمي	هيدروكربونات غير متفرعة	بعض الهيدروكربونات المتفرعة	هيدروكربونات غير متفرعة
إنزيم بلمرة الحمض النووي الريبوزي RNA polymerase	نوع واحد	أنواع متعددة	أنواع متعددة
الاستجابة للمضادات الحيوية «ستربتومايسين، وكلورامفينيكول»	تثبط النمو	لا تثبط النمو	لا تثبط النمو
الهيستونات المرتبطة بالحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين DNA	لا يوجد	يوجد	يوجد
الكروموسوم الحلقي	يوجد	يوجد	لا يوجد

المجموعات التقسيمية Classification of Major Groups

تقسم الكائنات الحية التابعة لكل مملكة إلى مجوعات تصنيفية تختلف في الحجم والصفات المميزة لكل منها . فتتجمع الأنواع تحت جنس، وتتجمع الأجناس المتقاربة تحت عائلة، وتتجمع العائلات المتقاربة تحت رتبة، والرتب تحت طائفة، والطوائف تحت شعبة، والشعب تحت مملكة، والممالك تحت فوق مملكة أو نطاق.

Domain "Superkingdom" نطاق «فوق مملكة»

Kingdom مملكة

Division "Phylum in animal classification" شعبة

Class طائفة

Order رتبة

Family عائلة

Genus جنس

Species = genus + specific epithet نوع

مثال: الوضع التقسيمي العلمي لبكتيريا المكورات العنقودية

Scientific classification of *Staphylococcus aureus*

Domain: Bacteria النطاق: بكتيريا

Kingdom: Eubacteria المملكة: البكتيريا الحقيقية

Division: Firmicutes شعبة: متينات الجدار

Class: Bacilli طائفة: العصيات

Order: Bacillales رتبة: العصويات

Family: Staphylococcaceae العائلة: المكورات العنقودية

Genus: Staphylococcus جنس: مكورات عنقودية

Species: *Staphylococcus aureus* النوع: مكورات عنقودية ذهبية

مثال: الوضع التقسيمي العلمي لفطر عفن الخبز

Scientific classification of *Rhizopus stolonifer*

Kingdom: Fungi المملكة: الفطريات

Division: Zygomycota الشعبة: الفطريات الزيجوتية

Class: Mucoromycotina الطائفة: الميوكورات

Order: Mucorales الرتبة: الميوكوريات

Family: Mucoraceae العائلة: الميوكورية

Genus: Rhizopus جنس: ريزوبس

Species: *Rhizopus stolonifer* النوع: ريزوبس ستولونيفر (عفن الخبز)

مثال: الوضع التقسيمي العلمي لنبات البصل

Scientific classification of Onion Plant

Domain “Superkingdom”: Eukarya نطاق: حقيقيات النواة

Kingdom: Plantae المملكة: النباتية

Division: Magnoliophyta شعبة: المغنوليات

Class: Liliopsida (Monocotyledones) طائفة: ذوات الفلقة الواحدة

Order: Liliales رتبة: الزنبقيات

Family: Liliaceae عائلة: الزنبقية

Genus: *Allium* جنس: البصل

Species: *Allium cepa* L. نوع: البصل

إذا كان هناك عدد من الصفات المتباينة بين الكائنات في مستوى تصنيفي معين ولكنها لا ترقى لفصلها إلى مجموعتين فإنها في هذه الحالة تفصل إلى مجموعات تصنيفية بينية.

مثال ذلك الأجناس النباتية التابعة للعائلة القرنية تتباين في بعض الصفات ولكنها لا تصل إلى الاختلاف الذي يجعلها تنفصل إلى عائلات مستقلة لذلك فإن هذه الأجناس يمكن فصلها إلى تحت عائلات "subfamilies" على النحو التالي:

عائلة: القرنية Family: Leguminosae

تحت عائلة: الطلحية Subfamily: Mimosoideae

تحت عائلة: البقمية Subfamily: Caesalpinoideae

تحت عائلة: الفراشية Subfamily: Papilionoideae

باستخدام مصطلحي تحت sub- وفوق super- يمكن زيادة المجموعات أو المستويات التصنيفية لكي تتلائم مع التنوع في الصفات بين الكائنات الحية. يلاحظ أن كلما صعدنا إلى المستويات التصنيفية العليا في اتجاه المملكة، كلما كانت الصفات التي تربط الكائنات الحية أكثر عمومية. وعلى العكس من ذلك كلما نزلنا إلى المستويات التصنيفية الدنيا أي في اتجاه الجنس نجد أن الصفات التي تربط الكائنات الحية أكثر تفصيلاً .

التقسيم التقليدي والتقسيم التطوري

Traditional and Evolutionary Systematic

يعتمد تصنيف الكائنات الحية على مجموعة متنوعة من الصفات الظاهرية والتركيبية، إضافة إلى الصفات الكيميائية، والوراثية، والفسيولوجية، والخلوية، والبيئية، وكذلك الصفات الجزيئية للمادة الوراثية.

في **التقسيم التقليدي Traditional Systematic**، تقسم الكائنات الحية بناءً على مدى التشابه في هذه الصفات أو في بعضها إلى وحدات تصنيفية تعرف بالممالك Kingdoms، وتقسم المملكة إلى شعب Divisions، والشعبة إلى طوائف Classes، والطائفة إلى رتب Orders، والرتبة إلى عائلات Families، والعائلة إلى أجناس Genera، والجنس إلى أنواع Species.

أما في **التقسيم التطوري Evolutionary Systematic**، فتقسم الكائنات الحية بناءً على التشابه في هذه الصفات وبخاصة الصفات الجزيئية والوراثية إلى مجموعات تصنيفية توضح مدى التقارب أو التباعد بين الكائنات الحية بناءً على العلاقات التطورية بين هذه المجموعات.

الفصل الثاني
تسمية الكائنات الحية
Nomenclature of Living Organisms

تنوع الكائنات الحية Biodiversity

يتواجد على سطح الأرض الملايين من الكائنات الحية والتي تتنوع في بنيتها فمنها الكائنات المجهرية وحيدة الخلية ومنها الكائنات عديدة الخلايا معقدة التركيب. وتتنوع الكائنات من حيث البيئة التي تتواجد فيها فمنها ما يتواجد في مختلف البيئات كالبكتيريا فنجدها في التربة والماء والهواء وفي داخل الكائنات الحية الأخرى، ومن الكائنات ما يعيش في البيئة المائية كالهائمات والطحالب ومنها ما يتواجد على اليابسة كالنباتات والزواحف. كذلك تتنوع الكائنات الحية في العديد من الصفات الأخرى كالتغذية، والحركة، والتكاثر. ولكي نتعرف على هذه الكائنات وندرسها ونتتبع المعلومات الخاصة بكل منها نحتاج إلى نظام لتسمية وتقسيم هذه الكائنات. ويعتبر علم التصنيف Taxonomy أو علم التقسيم Systematic هو ذلك العلم الذي يعني بتسمية وتقسيم الكائنات الحية.

ويعتبر علم التصنيف من أقدم العلوم البيولوجية فتسمية الكائنات الحية وتحديد خصائصها وتصنيفها من أساسيات المعرفة التي علمها الله عز وجل لآدم عليه السلام. قال الله عز وجل: ﴿وعلّم آدم الْأَسْماء كُلّها ثُمّ عرضهُمْ على الْملائكة فقال أنبئُوني بأسْماء هؤُلاء إن كُنتُمْ صادقين﴾ البقرة الأية 31. وتأتي أهمية تسمية وتصنيف الكائنات الحية لما لها من أهمية نافعة في توفير العديد من المواد والخدمات التي تهيئ سبل العيش الكريم للإنسان وتضمن اتزان النظم البيئية. فيعتمد الإنسان على العديد من الكائنات الحية في توفير غذائه، ودوائه، وكسائه، ومسكنه. كذلك توفر الكائنات الحية العديد من الخدمات غير المباشرة مثل

اتـزان الغازات في الغلاف الجوي وتنظيم المناخ والتحكم في الفيضـانات وتثبيت التربـة وتدوير العناصـر وغيرها. وهنـاك كذلك العديد من الكائنـات الحية التي تسبب خسائر وأضرار، لما تسببه من أمراض للإنسان، وتلف للمحاصيل، وأمراض للحيوانـات والماشـية والدواجن مما يؤدي إلى خسـائر اقتصـادية فادحة. لذلك اهتم العلماء قديما وحديثاً في التعرف على الكائنات الحية ودراسـة خصائصـها وتسـميتها وتصـنيفها للاسـتفادة من منافعها وتجنـب أضـرارها أو معرفة كيفية مقاومة مضارها.

التسمية المحلية Common names والتسمية العلمية Scientific names

يطلـق الناسـ في كل مجتمع مـن المجتمعات أسـماء محلية دارجة أو شـائعة للكائنات الحية التي تميز البلد أو الإقليم الذي يسكنون فيه. وقد تختلف التسمية الشـائعة للكائنات الحية من بلد إلى بلـد وأحيانا داخل القطر الواحد إذا تباعدت المسـافات واختلفـت العادات والثقافات. وهنا يطرح سـؤال وهو لماذا تسـتخدم الأسـماء العلميـة Scientific names ولايعتمد على الأسـماء المحلية الدارجة أو الشـائعة Common names؟ يمكن تلخيص أهم المشـكلات التي شابت التسمية المحلية للكائنات الحية فيما يلى:

(1) قد يسمى نفس الكائن بأكثر من اسم شائع في اللغات المختلفة وفي الأماكن المختلفة. فمثلاً في الدول الغربية يسمى أحد النباتات بال Watermelon، في حين يطلق على نفس النبات أسماء عديدة في دول أخرى فيسمى بطيخ في مصـر، وحبحب في السـعودية، ورقي (رجي) فـي الكويت، وجح (جوح) فـي عمان، وتاميـكاي في ماليزيا. كذلـك هناك نوع من الأجسـام الثمرية التـي تنتمي إلى الفطريات الزقية والتي تعرف في اللغة الانجليزية بالترافل الصحراوي Desert Truffles نجد لها أسماء محلية متعددة في شبه الجزيرة العربية وشمال أفريقيا ومنها الفقع، والكمأة، والترفاس. وهكذا هناك أمثلة عديدة من النباتات والحيوانات التي تتعدد أسمائها المحلية.

(2) أحياناً يطلق نفس الاسم الشائع على كائنات مختلفة لاشتراكها في بعض الصفات، مثل اسم اللبينة الذي يطلق على العديد من النباتات التي تفرز المادة اللبنية Latex.

(3) بعض الأسماء الشائعة لا تعبر عن مدلولاتها فمثلاً الاسم الشائع pineapple tree نجد أن هذه الشجرة ليست شجرة التفاح Apple tree أو شجرة الصنوبر Pine tree.

(4) ومن أهم المشكلات عدم وجود قواعد لاستخدام الأسماء الشائعة.

وعلى الرغم من هذه المشكلات، فإن للتسمية المحلية أهمية في حفظ المعلومات التراثية الخاصة بهذه الكائنات داخل هذه المجتمعات. ولكن لكي يتم تداول مثل هذه المعارف والاستفادة منها على مستوى الأقطار المختلفة، إضافة إلى دراسة هذه الكائنات الحية والتعرف عليها كان لابد من وجود نظام له قواعد لتسمية الملايين من الكائنات الحية تسمية علمية يتفق عليها بين العلماء والمختصين على مستوى العالم. لذلك ظهرت أهمية التسمية العلمية أو التسمية اللاتينية.

علم التصنيف Taxonomy أو علم التقسيم Systematic

يعرف العلم الذي يهدف إلى تسمية الكائنات الحية وتصنيفها بعلم التصنيف Taxonomy، وعلى حسب نوعية الكائنات الحية يمكن أن يتخصص علم التصنيف، فمثلا ما يتعلق بالنباتات يدعى تصنيف النبات Plant Taxonomy، وما يتعلق بالفطريات يعرف بتصنيف الفطريات Fungal Taxonomy وهكذا. ويعتبر عالم النبات الفرنسي دي كاندول (1779-1841) De-Candole هو أول من أطلق هذا المصطلح Taxonomy على علم التصنيف.

يمكن تعريف علم التصنيف taxonomy على أنه العلم الذي يهتم بدراسة الكائنات الحية وتقسيمها إلى مجاميع بهدف تسهيل التعرف عليها. أي أنه يهتم بتقسيم Classification الكائنات الحية إلى مجاميع لتسهيل دراستها. وهناك مصطلح

آخر وهو systematic ويعرف بأنه دراسة ووصف التغيرات في الكائنات الحية وأسبابها، ومن ثم معالجة البيانات المتحصل عليها للوصول إلى نظام تصنيفي، لذلك يعتبر مصطلح systematic أشمل من المصطلح الأول taxonomy.

يعد علم التصنيف أو علم التقسيم من العلوم البيولوجية القديمة، وهو حقل علمي واسع يعتمد على البيانات المتحصل عليها من العلوم البيولوجية الأخرى مثل علم الشكل الظاهري Morphology، وعلم التشريح Anatomy، وعلم وظائف الأعضاء Physiology، وعلم الخلية Cytology، وعلم الوراثة Genetics، وعلم البيئة Ecology، وعلم التطورEvolution، وعلم الأجنة Embryology، وعلم الكيمياء الحياتية Biochemistry، وعلم البيولوجيا الجزيئية Molecular Biology.

أهداف علم التصنيف

يهدف علم التصنيف إلى تعريف الكائنات الحية من خلال الصفات المميزة لكل كائن وتسمية الكائنات الحية وتصنيفها بناءً على هذه الصفات من حيث التشابه أو الاختلاف، أو من حيث القرب أو البعد. لذلك يشتمل علم التصنيف على ثلاثة أهداف رئيسية هي التعريف، والتسمية، والتصنيف.

(أ) التعريف Identification

يقصد بالتعريف دراسة الصفات المميزة للكائن الحي للتعرف على أي مجموعة تصنيفية ينتمي إليها، أي تحديد موقع النبات مثلاً من حيث عودته إلى وحدة تصنيفية Taxon وجمعها (Taxa). والوحدة التصنيفية (Taxon) تعني إما نوع species أو جنس genus أو عائلة family أو رتبة order،.... وهكذا.

وللتعريف طرق ووسائل مختلفة منها مقارنة العينة المجهولة بعينات معرفة مثل العينات المعشبية (عينات نباتية معرفة ومجففة)، أو المقارنة مع صور أو رسوم تخطيطية، وقد تتطلب هذه الطريقة معرفة اسم الجنس أو العائلة على الأقل. ومن طرق التعريف أيضاً تتبع الصفات المميزة للعينة عبر المفاتيح التصنيفية Taxonomic keys المتوفرة في الموسوعات المختلفة مثل موسوعات الفلورا بالنسبة للنباتات وموسوعات الفونا بالنسبة للحيوانات. وقد يتطلب تعريف العينات

الاستعانة بمتخصصين أو خبراء بوحدات تصنيفية معينة (عائلة أو جنس).

وهنـاك مصـادر للتعريـف متعلقـة بالنباتـات، وأخـرى بالحشـرات، وأخـرى بالفطريات، وأخرى للبكتيريا وهكذا. وتشتمل مصادر تعريف العينات النباتية على ما يلي:

المعشبة Herbarium وجمعها المعشبات (Herbaria)

وهـي مجموعـة من العينـات النباتيـة المجففة والمثبتـة على أوراق خاصـة، وتتضـمن كل عينة معشـبية على ورقة بيانات صـغيرة label مثبتة بجانب العينة. تحتوي ورقة البيانات على مجموعة من المعلومات تخص العينة مثل الاسم العلمي والاسم الشائع والعائلة، واسم الباحث الذي قام بجمع العينة ومكان وتاريخ الجمع. وتحفظ هذه العينات في خزانات خاصة.

الموسوعات النباتية Floras

وتتضمن كتب الفلورا دراسة ووصف لنباتات منطقة معينة مثل موسوعة النباتات المصـرية Flora of Egypt، وموسـوعة نباتـات الكويـت Flora of Kuwait،.... وهكذا. وتحتوي هذه الموسوعات على صفات تصنيفية Taxonomic characters لكل نبات، وصـفات خاصـة مميزة في تشـخيص الوحدة التصنيفية عن الوحدات التصـنيفية التـي لهـا علاقة بهـا وتدعى مثـل هذه الصـفات بالصـفات المميزة diagnostic characters.

الفهارس Indexes

وهي سلسلة من المجلدات تنشر كل خمس سنوات تتضمن أسماء جميع العوائل والأجناس والأنواع وأسـماءها المرادفة مع اسم المؤلف وتاريخ النشر. مثل فهرس كيو Index kewensis.

المونوغرافات Monographs

وهي دراسـات خاصـة لوحدة تصـنيفية معينة (Taxon) كجنس محـدد مثل جنس اسـتراجلس *Astragalus*، أو عائلة محددة مثـل العائلة الرطراطية Zygophyllaceae

حيث يتم دراستها من جميع النواحي وفي أماكن تواجدها المختلفة على مستوى العالم.

القواميس النباتية Botanical Dictionaries

وتتضمن أسماء علمية أو مصطلحات نباتية، وأسماء عامة أو اشتقاقات الأسماء مثل Botanical Latin.

الدوريات أو المجلات العلمية Periodicals

وهي مجلات متخصصة بتصنيف النباتات ومن أمثلتها مجلة Brittonia، ومجلة Taxon، والمجلة الأمريكية لعلم النبات American Journal of Botany.

الحديقة النباتية Botanical (Experimental) Garden

وتعد مكان لإجراء التجارب العملية والبحوث التصنيفية، كما أنها مصدر لتجهيز المعشبة بالعينات الضرورية والنادرة.

(ب) التسمية Nomenclature

وتعني إعطاء اسم علمي جديد وفق القواعد الدولية للتسمية النباتية (ICBN) International Code of Botanical Nomenclature وفيها يتم تعريف الوحدة التصنيفية Taxon والمراتب التصنيفية وهي كالآتي: المملكة Kingdom، والشعبة Division، والطائفة (القسم) Class، والرتبة Order، والعائلة (الفصيلة) Family، والجنس Genus، والنوع Species. ويمكن أن تقسم هذه المراتب إلى تحت Sub مثل تحت عائلة Subfamily، وتحت جنس Subgenus، أو تقسم إلى فوق Super مثل فوق شعبة Super Division...

وتعتمد قواعد التسمية العلمية على نظام التسمية الثنائي الذي وضعه العالم كارلوس لينيوس والذي سبق شرحه في الفصل الأول من هذا الباب.

اشتقاق الاسم العلمي

يتكون الاسم العلمي من مقطعين، المقطع الأول يعبر عن الجنس، والمقطع الثاني يعبر عن صفة مميزة للنوع كما أسلفنا، قد يحتوي الجنس على نوع واحد أو عدة أنواع.

يشــتق اســم الجنس من مصادر متعددة كأن يشــتق من اسم عالم تخليداً لذكره مثل الجنس *Caesalpinia* من اســم العالم سيسلبينو أو *Bauhinia* من اسم العالم بوهين، وقد يشتق من اسم شائع مثل السكر بالعربية كما في الجنس *Saccharum*، أو مــن صــفة معينة مميزة لجميع أنواع الجنســ الواحد مثل الجنس *Trifolium* من صفة ثلاثية الوريقات أو الجنس *Terminalia* من طرفية الاوراق.

أما صفة النوع فتشتق من مصادر مختلفة أغلبها شيوعاً صفات معينة مميزة لكل نوع كلون الأزهار أو الثمار، أو درجة انتشار هذا النوع، أو منطقة تواجده (جدول 4).

جدول 4: أمثلة للأسماء العلمية لبعض النباتات واشتقاق صفات الأنواع الخاصة بها.

الاسم العلمي	الاسم العربي	صفة النوع	اشتقاق النوع
Brassica alba	الخردل الأبيض	*alba*	اللون الأبيض
Capparis spinosa	اللصف (الشفلح) الشوكي	*spinosa*	صفة الأشواك
Coffea arabica	القهوة العربية	*arabica*	نسبة إلى المنطقة العربية
Mentha aquatica	النعناع المائي	*aquatica*	الطبيعة المائية
Phaseolus vulgaris	الفاصوليا الشائعة	*vulgaris*	كثرة شيوعها
Populus euphratica	الحور الفراتي	*euphratica*	نسبة إلى نهر الفرات
Salvia aegyptiaca	السالفيا المصرية	*aegyptiaca*	نسبة إلى مصر

(ج) التصنيف Classification

ويعنــي وضــع النباتــات فــي مجاميــع Categories (class, order, family, genera...etc) اســتناداً إلــى علاقــات القرابة فيمــا بينها، حيث توضــع النباتات التي تشــترك فيما بينها بعدد من الصــفات الأساســية في مجموعــة واحدة تمثل نوعاً واحداً species، وتوضــع الأنواع المتقاربة في مجموعة أكبر تعرف بالجنس

genus، ومجموعة الأجناس المتقاربة توضع في عائلة واحدة Family،... وهكذا صعوداً إلى المراتب التصنيفية الأعلى.

العلوم التي لها علاقة بعلم التصنيف

علم الشكل الظاهري Morphology

تستخدم الصفات المظهرية كأساس لتصنيف النباتات وذلك لكثرة الصفات المظهرية وتعددها، كما أنها لا تحتاج إلى جهد كبير لملاحظتها. وقد تكون واضحة جداً بحيث يمكن بسهولة التشخيص استناداً إليها. إلا أن الاعتماد على هذه الصفات بمفردها غير كافي لتوضيح العلاقات التطورية بين المجاميع التصنيفية.

علم التشريح Anatomy

ساعدت الصفات التشريحية على حل الكثير من المشاكل في الدراسات التصنيفية، واستناداً لهذه المعلومات قسمت المملكة النباتية إلى نباتات وعائية ونباتات لا وعائية. وكذلك تميزت الاختلافات بين ذوات الفلقة والفلقتين وبين معراة ومغطاة البذور، كما صحح الوضع التصنيفي لبعض النباتات مثل نبات عدس الماء *Lemna* حيث كان يعد من النباتات البدائية، غير أنه أصبح من النباتات المتطورة استناداً إلى الصفات التشريحية. حيث يعتبر نسيج الخشب من أهم الصفات التشريحية التي درست في النباتات وقد أمكن من خلال دراسته الوصول إلى الحقائق التالية:

1- خشب معراة البذور أقل تطوراً من خشب مغطاة البذور.

2- الأوعية الطويلة الضيقة أقل تطوراً من الأوعية القصيرة العريضة.

3- الأوعية ذات المقطع المضلع أقل تطوراً من الأوعية ذات المقطع الدائري.

4- الأوعية ذات التنقر السلمي أقل تطوراً من ذات التنقر المتقابل والأخيرة أقل تطوراً من ذات التنقر المتبادل.

علم الخلية Cytology

من العلوم المهمة بالنسبة لعلم التصنيف، ويهتم علم الخلية بوصف عضيات الخلية وانقسامها. ويقدم هذا العلم معلومات عن عدد الكروموسومات chromosomes number، وأشكالها chromosomes morphology، وسلوكها chromosomes behaviour أثناء الانقسامين الاعتيادي Mitosis والاختزالي Meiosis. ويدعى علم التصنيف الذي يعتمد على الدراسة الخلوية وخاصة تركيب الكروموسومات بالتصنيف الخلوي Cytotaxonomy.

علم الحفريات (المتحجرات) النباتية Paleobotany

يعد من العلوم المهمة في تحديد أوجه القرابة بين النباتات من خلال دراسة السجلات القديمة (المتحجرات) وأيضاً تحديد أعمار النباتات المتحفرة ونشوء الأحياء، حيث يعتقد بأن الأحياء إما أن تنشأ من أصل واحد أو منشأ واحد ويقال لها Monophyletic أو من أصول متعددة ويقال لها Polyphyletic.

علم البيئة النباتية Plant Ecology

يدرس علم البيئة العلاقات التفاعلية بين النباتات والعوامل البيئية المحيطة بها. وتبرز أهمية هذا العلم في فهم انتشار وتوزيع الأنواع في المجتمعات النباتية، والعلاقات الوراثية والتطورية بين المراتب التصنيفية، والتغيرات التي تحدث ضمن المجتمعات النباتية والتكيفات التي تصاحبها نتيجة التباين في عوامل البيئة المحيطة، وفهم العلاقات بين الكائنات الحية والمتمثلة بالتعايش والتطفل والتنافس وغيرها.

الجغرافية النباتية Phytogeography

وهو العلم الذي يدرس كيفية توزيع النباتات على سطح الأرض وخواص المواطن الموجودة فيها هذه النباتات، وأيضاً منطقة نشوئها وكيفية تطورها. ويدرس أيضاً أسباب وجود النباتات في منطقة معينة دون غيرها وكم مضى عليها في تلك المنطقة وما سرعة هجرة أفرادها وما هي الاتجاهات التطورية التي ترافق سلوكها هذا.

علم الوراثة Genetics

يدرس هذا العلم الصفات الوراثية على المستوى الجزيئي للأنواع المختلفة أو عشائر النـوع الواحد، وإمكانية تطبيق هذه المعلومات على المشـاكل التطورية أو التصـنيفية. ويستفاد من هذا العلم أيضاً في اكتشاف الهجائن الطبيعية والانعزال التكاثري.

علم حبوب اللقاح Palynology

يعد من العلوم المهمة في تصنيف النباتات وتفسير المشاكل المتعلقة بالدراسات الجيولوجية (علوم الأرض) والبيئات النباتية القديمة. وقد ساعد التطور في حقل المجاهـر على دراسـة الصـفات الدقيقة لحبـوب اللقاح مثل النحـوت والزخارف فضلاً عن الصفات الأساسية والمهمة مثل الأحجام والأشكال.

علم الكيمياء الحياتية Biochemistry

تحتوي النباتات على مواد كيميائية مختلفة، ولذلك تم استخدام هذه الصفة في عزل الأنواع إلى مجاميع. كما ساعد هذا العلم على معرفة العلاقات التطورية بين النباتات، ويسـمى العلم الذي يربط بين التصـنيف والكيمياء بالتصنيف الكيميائي Chemotaxonomy.

علم وظائف الأعضاء Physiology

سـاعد علم وظائف الأعضـاء على تفسير المسـار التطوري لمختلف المجاميع وعلى مستويات عدة مثل العوائل والعشائر. وخاصة فيما يتعلق بعملية البناء الضوئي حيث تقسم النباتات استناداً إلى ذلك إلى ثلاثة مجموعات (CAM, C4, C3).

علم البيولوجيا الجزيئية Molecular Biology

وهو من العلوم الحديثة في تصنيف النباتات وله أهمية في تحديد أوجه القرابة بين النباتات ويعتمد على مقارنة بروتينات النباتات بعضـها مع البعض الآخر. تفيد مقارنـة معلومـات الأحماض النووية (DNA, RNA) في تقسـيم العوائل والعشـائر ودراسة علاقات القرابة بين الوحدات التصنيفية المختلفة.

الباب الثاني
بدائيات النواة
Prokaryotes

الفصل الثالث

تصنيف بدائيات النواة

Classification of prokaryotes

تقسم الكائنات بدائية النواة إلى نطاقين كما قسمها العالم كارل ووز (Carl Woese) وأخرون في عام 1990، وهما نطاق العتائق Archaea ويتبعها مملكتين، ونطاق بكتيريا Bacteria وقد يتبعها أكثر من مملكتين. وتقسم بدائيات النواة إلى نطاقين مختلفين تطورياً نظراً لاختلافهما في مكونات الجدار الخلوي، ودهون الغشاء البلازمي، والحمض النووي الريبوزي الريبوسومي ribosomal RNA، بالإضافة إلى اختلافات في صفات أخرى متعلقة بالكيمياء الحيوية.

ويتميز الجدار الخلوي في نطاق العتائق بأنه خال من الببتيدوجليكان (Peptidoglycans) أو ما يعرف بالميورين. وكذلك لا يحتوي على الأحماض الأمينية من نوع D. بعض من هذه الكائنات تحتوي على الميورين الكاذب وهو بوليمر شبيه بالميورين (الببتيدوجليكان) الموجود في البكتيريا الحقيقية.

تتشابه البكتيريا القديمة في نطاق العتائق مع الكائنات حقيقية النواة في بعض الصفات منها استجابتها للعديد من المضادات الحيوية، وكلاهما يختلف عن البكتيريا الحقيقية في نطاق بكتيريا. أي أن ما يؤثر في البكتيريا الحقيقية من المضادات الحيوية لا يؤثر على البكتيريا القديمة كما لا يؤثر على الكائنات حقيقية النواة (راجع جدول رقم 3).

يتركب الغشاء البلازمي في نطاق العتائق من دهون (ليبيدات) ذات روابط إيثيرية (Ether links)، و تنتمي معظم هذه الدهون إلى مركب أيزوبرينويد جليسيرول ثنائي إيثرات isoprenoid glycerol diethers، أو مركب ثنائي الجليسرول رباعي

إيثرات or diglycerol tetraethers. أما دهون الغشـاء البلازمي في نطاق بكتيريا ونطاق حقيقية النواة فتتميز بروابط إيسـترية (Ester links) . ففي نطاق بكتيريا ينتمـى أغلـب دهون الغشـاء البلازمي إلى مركب ثنائي أسـيل الجليسـرول ثنائي إيسـترات diacyl glycerol diesters، وفـي نطـاق حقيقيات النـواة يتكون دهون الغشـاء البلازمي من مركب أسـيل الجليسـرول الدهني ثنائي إيسترات glycerol fatty acyl diesters.

وهناك اختلافات في تتابع القواعد النيتروجينية في الحمض النووي الريبوزي الريبوسومي rRNA بين النطاقات الثلاثة: بكتيريا، والعتائق، وحقيقيات النواة.

كذلـك من أهم الخصـائص الوراثية حجم الجينات (الحجـم الجينومي). ففي نطـاق العتائـق يعتبـر الحجم الجينومي صـغير مقارنة بالحجـم الجينومي لنطاق بكتيريا. فعلي سبيل المثال حجم الجينوم لأحد أنواع البكتيريا القديمة مثل بكتيريا الميثـان *Methanothermobacter sp* يصـل إلـى 1.57 مليـون زوج من القواعد النيتروجينيـة، في حين يصـل حجـم الجينوم في أحـد أنواع البكتيريـا الحقيقية مثـل البكتيريـا العصـوية *Bacillus subtilis* إلـى 4.20 مليـون زوج مـن القواعد النيتروجينية. كما أظهرت النتائج العلمية الحديثة أن العتائق تتميز بصفات وراثية أخرى مرتبطة بالبلازميدات.

في دراسـتنا لبدائيات النواة سـوف نتبع التصـنيف التالي والذي يوضـح أهم الممالك والشـعب والطوائـف والأجناس التي تنتمي لبدائيات النواة والتي سـوف ندرس صفاتها التركيبية والوظيفية وأهميتها من الناحية البيئية والاقتصادية .

تصنيف بدائيات النواة

أولاً: نطاق: العتائق Domain: Archaea

مملكة: البكتيريا القديمة Kingdom: Archaebacteria

وتضم مملكة البكتيريا القديمة أربع طوائف هي:

طائفة: بكتيريا الميثان Class: Methane Bacteria

وتضم البكتيريا المنتجة لغاز الميثان.

طائفة: البكتيريا الملحية Class: Salt Bacteria

وتضم البكتيريا التي تعيش في الأوساط شديدة الملوحة.

طائفة: البكتيريا الكبريتية Class: Sulpholobus Bacteria

وتضم البكتيريا التي تعتمد على الكبريت وتعيش في مياه الينابيع الحمضية الساخنة.

طائفة: البكتيريا الحرارية Class: Thermoplasma

وتضم البكتيريا التي تستطيع تحمل درجات الحرارة والحموضة وتتميز بعدم وجود جدار خلوي.

ثانياً: نطاق: بكتيريا Domain: Bacteria

مملكة: البكتيريا الحقيقية Kingdom: Eubacteria

وتضـم مملكة البكتيريا الحقيقية العديد من الشـعب، وسـوف ندرس في هذا الكتاب شعبتين رئيسيتين هما:

شعبة: البكتيريا Division: Bacteria

تضـم أشـكال البكتيريا وتجمعاتها المختلفة، مثل البكتيريا الكروية (مفردة – ثنائية – سبحية – رباعية – ثمانية "سارسينا" – عنقودية)، والبكتيريا العصوية (مفردة – ثنائية – سبحية)، والبكتيريا الحلزونية، والبكتيريا الخيطية.

شعبة: البكتيريا الخضراء المزرقة Division: Cyanobacteria

جنس: الكروكوكس *Chroococcus*

جنس: النوستك *Nostoc*

جنس: أنابينا *Anabaena*

جنس: أوسيلاتوريا *Oscillatoria*

جنس: ميكروسيستس *Microcystis*

جنس: مريزموبديا *Merismopedia*

الفصل الرابع
مملكة البكتيريا القديمة
Kingdom: Archaebacteria

فـي عام 1983، قام العلماء بأخذ عينات من أماكن عميقة في المحيط الهادئ حيث يحتوي هذا المحيط على غازات سـاخنة وصـخور منصـهرة، وتم اكتشـاف كائنات وحيدة الخلية في تلك العينات سميت بالعتائق (الجراثيم العتيقة).

قد تشكل البكتيريا القديمة حوالي 20% من الخلايا الميكروبية في المحيطات. في الواقع بعض أنواع البكتيريا القديمة تستطيع العيش في درجات حرارة مرتفعة قد تصـل إلى أكثر من 100 درجة مئوية غالبا توجد في السـخانات، وآبار النفط، وتشمل المواطن الأخرى الشائعة الأماكن الباردة جداً، والأوساط شديدة الملوحة، والحمضية، والمياه القلوية، ومع ذلك توجد أيضا البكتيريا القديمة المحبة للظروف المعتدلة حيث تنمو في المستنقعات، ومياه الصرف الصحي، والمحيطات، والتربة، وداخل قنوات الجهاز الهضمي.

صـنفت العتائـق تبعا لمملكـة مونيرا في تصـنيف ويتيـكار Whittaker في 1969، ولكن نظراً للعديد من الاختلافات كما ذكرنا سـابقاً تم تصـنيفها نطاقاً مسـتقلاً عرف بنطاق العتائق (Archaea) ويضـم مملكـة البكتيريا القديمة أو الأركيبكتيريـا وذلـك تبعـاً لتقسـيم كارل ووز (Carl Woese) وأخرون في عام 1990. ويعتقد العلماء أن هذه البكتريا من أقدم أشكال الحياة على سطح الكرة الأرضـية، ومن المرجح أنها كانت تكسـب الأرض لوناً محمراً قبل أكثر من 2.7 مليار سنة مضت.

الخصائص العامة للبكتيريا القديمة «الأركيبكتيريا»

General Characteristics of Archaebacteria

تمتلك البكتيريا القديمة أو العتائق تنوع واسع في مظهرها وفسيولوجية خلاياها، وهي خلايا موجبة وسالبة لصبغة الجرام ذات شكل كروي أو عصوي أو حلزوني. قد تتواجد الخلايا البكتيرية منفردة أو على شكل تجمعات. تتكاثر هذه الكائنات عن طريق الانشطار الثنائي أو التبرعم أو التجزء. قد تكون هذه الخلايا هوائية أو لاهوائية اختيارية أو لاهوائية إجبارية.

بعض أنواع البكتيريا القديمة ذاتية التغذية إما ضوئية أو كيميائية حيث تقوم بإنتاج غذائها عن طريق البناء الضوئي أو البناء الكيميائي. والبعض الآخر غير ذاتية التغذية مترممة أو محللة للبقايا العضوية وقد تشمل فضلاتها على غازات قابلة للاشتعال مثل غاز الميثان. ولا تشتمل البكتيريا القديمة على الكائنات الممرضة أو المحللة هوائية التنفس.

تعيش البكتيريا القديمة في البيئات الصعبة ورواسب البحيرات. ويعيش العديد منها في البحيرات شديدة الملوحة والينابيع الكبريتية الحارة وداخل أمعاء الثدييات.

تنوع البكتيريا القديمة Diversity of Archaebacteria

تنقسم البكتيريا القديمة إلى أربعة طوائف هي:

(1) طائفة بكتيريا الميثان Class: Methane Bacteria

وتضم البكتيريا المنتجة لغاز الميثان (شكل 7). تتعدد أشكالها من البكتيريا العصوية أو الكروية ومن الممكن ان تكون حلزونية. تنتمي هذه المجموعة إلى الكائنات اللاهوائية وتموت في وجود الأكسجين، وهذا يجعلها من البكتيريا اللاهوائية الإجبارية obligate anaerobic bacteria.

تتواجد بكتيريا الميثان في المياه العادمة، والمستنقعات حيث تكون مسؤولة عن غاز المستنقعات، وفي القناة الهضمية للإنسان والحيوان، كما توجد في الرواسب البحرية عند نفاذ مخزونها من الكبريتات وفي ظروف بيئية قاسية مثل الينابيع الحارة.

البكتيريا المنتجة للميثان تلعب دوراً حيوياً في البيئات اللاهوائية وذلك بإزالة الهيدروجين الفائض وتخمير المنتجات التي تم إنتاجها من خلال أشكال أخرى من التنفس اللاهوائي وهي عادة ما تزدهر في البيئات بعد استنفاذ الأكسجين والمركبات الحاوية عليه مثل النترات والكبريتات والحديد سداسي التكافؤ لأن الأكسجين يعتبر سام وقاتل لها. تحصل هذه البكتيريا على الطاقة اللازمة لأنشطتها الحيوية من خلال تحليل المواد العضوية وينتج عن ذلك إنتاج غاز الميثان (CH_4) من ثاني اكسيد الكربون وغاز الهيدروجين.

$$CO_2 + 4H_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O$$

ويعتبر غاز الميثان مكون رئيسي للغاز الطبيعي.

شكل 7: بكتيريا الميثان Methanogenesis bacteria

من أمثلة البكتيريا المنتجة لغاز الميثان:

جنس ميثانوسبيريللم *Methanospirillum*، خلاياه خيطية متموجة سالبة لصبغة جرام .

جنس ميثانوسارسينا *Methanosarcina*، خلاياه كروية متجمعة موجبة لصبغ جرام .

جنس ميثانوبكتيريوم *Methanobacterium*، خلاياه عصوية طويلة موجبة لصبغة جرام.

2- طائفة البكتيريا الملحية Class: Salt Bacteria

وتضـم البكتيريا التي تعيش في الأوساط شـديدة الملوحة. وتعرف بالبكتيريا الملحيـة Salt Bacteria, Haloarchaea, or Halobacteria وتنمو بشـكل اجباري فـي بيئات شـديدة الملوحـة تحتوي علـى كلوريد الصـوديوم بنسـبة 17-14%، كالبحيرات المالحة والبرك الملحية والمستنقعات والبحيرات المالحة مثل: البحر الميت. وهي غير ذاتية التغذية أو عضـوية التغذية، بعضـها هوائي وبعضها الآخر لاهوائي.

تمكـن طبيعـة الأيضـ metabolism لهذا النوع مـن البكتيريا المعيشـة تحت الظروف شديدة الملوحة. كما يرجع اللون الأحمر في البرك والمستنقعات الملحية الضحلة لتواجد بعض أنواع البكتيريا الملحية مثل (*Halobacterium salinarum*) والتـي تحتوي على أغشـية بها أصـباغ حمـراء تعرف بالـbacterial rhodopsin، وبواسـطة هذه الأصباغ تقوم البكتيريا الملحية بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كصورة مبسطة من البناء الضوئي.

3- طائفة البكتيريا الكبريتية Class: Sulpholobus Bacteria

هـي كائنات عصـوية أو كروية غير منتظمة لصـبغه الجرام تنتـج غاز كبريتيد الهيدروجيـن H_2S، هـذه الكائنـات قد تكون ذاتيـة التغذية أو غيـر ذاتية التغذية. تعتمـد هـذه الطائفة على الكبريت وتعيش في مياه الينابيع الحمضـية السـاخنة. كما تستطيع هذه البكتيريا المعيشة تحت درجة حرارة تصل إلى 80 درجة مئوية. والبعض منها يسـتطيع العيش عند 90 درجة مئوية. تتحمل هذه الطائفة المعيشـة في الأوسـاط شديدة الحموضـة المميزة للينابيع الحارة الكبريتية والتي قد تصل إلـى أقـل مـن pH 2 . من مميزات هـذه الطائفة أنها قد تحصـل على الطاقة من خلال أكسدة المواد العضوية باستخدام الكبريت S_2 بدلاً من الأكسجين O_2. مثال جنس *Archaeoglobus*.

4- طائفة البكتيريا الحرارية Class: Thermoplasma

وتضـم البكتيريا التي تسـتطيع تحمل درجات الحرارة والحموضـة لذلك يمكن تسـميتها بالكتيريا المحبة للحرارة والحموضـة، وهي تتشـابه في تحملها للحرارة والحموضـة مع البكتيريا الكبيريتية . ولكن تتميـز طائفة البكتيريا الحرارية بعدم وجود جدار خلوي.

تنمـو أجناسـ هذه الطائفة في بيئات حارة تتراوح من 60 إلى 80 درجة مئوية، وفي درجات حموضـة شـديدة تتراوح من 2 إلى 4 من مقياس الرقم الهيدروجيني (pH) . وتتـراوح درجـة الحرارة المثلى لهذه الكائنات من 55 إلى 59 درجة مئوية، ودرجة الحموضة المثلى هي pH 2. ويعيش معظمها في المياه المعدنية الكبريتية.

تعتبر البكتيريا الحرارية ذاتية التغذية، ولها القدرة على أكسدة الكبريت للحصول علـى الطاقـة. حيث أنها تحصـل على الطاقة من خلال أكسـدة المواد العضـوية في وجود الكبريت أو في وجود الأكسـجين. لذلك يمكن وصـف معيشـة البكتيريا الحرارية بأنها بكتيريا لاهوائية اختيارية facultative anaerobic bacteria.

الأهمية الاقتصادية للبكتيريا القديمة

Importance of Archaebacteria

البكتيريـا القديمـة لها أهميـة بيئية فى دوران العديد من العناصـر فى النظام البيئـي. في دورة النيتروجين، تقـوم البكتيريا القديمة بالعديد من التفاعلات التي تعمـل على انتزاع النيتروجين وإعادته إلى الغلاف الجوي، وكذلك التفاعلات التي تعمل على تثبيت النيتروجين الجوي وتمثيل النترات.

فـي دورة الكبريت، تعمـل البكتيريا القديمة على أكسـدة مركبات الكبريت فى الصخور، وإطلاق عنصر الكبريت الأمر الذي يجعله متاحاً للكائنات الحية الأخرى، ومع ذلك فإن البكتيريا القديمة التي تقوم بهذا تنتج حمض الكبريتيك كناتج نهائي، وبالتالي يمكن أن يسـهم نمو هذه البكتيريا في المناجم المهجورة في تشـكيل مياه الصرف الحمضية والأضرار البيئية الأخرى.

يمكـن اسـتخدام البكتيريا المنتجة لغـاز الميثان على نطاق واسـع لإنتاج غاز الميثـان فيما يعـرف بالوقود الحيـوي "Biogas" . يمكن اسـتخدام غـاز الميثان كمصدر للطاقة اللازمة للمحركات، والتدفئة، والطهي، والإضاءة. يتم انتاج الميثان من خلال تحليل المخلفات العضـوية بواسطة البكتيريا المنتجة للميثان في غياب الأكسجين «ظروف لاهوائية إجبارية».

بعض أنواع البكتيريا القديمة ذاتية التغذية مثل أنواع من البكتيريا الملحية أحد مكونات الحلقة الأولى من السلسـلة الغذائيـة في البيئات البحرية وهي المنتجات الأوليـة حيـث توفر الغذاء لبعضـ أنواع القشـريات. ويرجع اللون الـوردي لطيور الفلامنجـو أو النحام إلى تغذيتها على هذه القشـريات التـي تغذت على البكتيريا الملحية المحتوية على الأصباغ الحمراء.

تشـير الأبحاث العلمية بأن هتاك العديد من الأنواع البكتيرية التابعة للبكتيريا القديمة – وبخاصة البكتيريا القلوية والملحية – لديها القدرة على تحمل المعيشة في أوسـاط عالية التركيز من العناصـر الثقيلة، والملوثات النفطية. وقد تم العثور علـى بعضـ هذه الأنواع فى العديد من المواقع الملوثة وغير الملوثة بدولة الكويت على النحو التالي:

- تم العثور على بكتيريا سيدوموناس إيروجينوسا *Pseudomonas aeruginosa* في التربة الملوثة بالنفط .
- وتم العثور على بعض أنواع البكتيريا القلوية والملحية في منطقة المد والجزر بسـاحل الخليج العربي. تتبع هـذه الأنواع الأجناس التاليـة: مكورات دقيقة *Micrococcus*، دايتزيا *Dietzia*، بكتيريا عصوية *Bacillus*، بكتيريا عصوية بحرية *Oceanobacillus*، مكورات حمضية *Citricoccus* .

يمكن اسـتخدام مثل هذه الأنـواع في المعالجة البيولوجيـة Bioremediation للتربـة الملوثة والمياه الملوثة بالنفط، مثل البرك النفطية المنتشـرة في منطقتي الأحمدي والعبدلي بدولة الكويت.

الفصل الخامس

مملكة البكتيريا الحقيقية

Kingdom: Eubacteria

الخصائص العامة للبكتيريا الحقيقية وتنوعها

General Characteristics and Diversity of Eubacteria

تضم مملكة البكتيريا الحقيقية شعبتين تختلفان في العديد من الصفات.

الشعبة الأولى هي شعبة البكتيريا Bacteria والشعبة الثانية هي شعبة البكتيريا الخضراء المزرقة Cyanobacteria.

تضم شعبة البكتيريا العديد من المجموعات التصنيفية يقع في كل منها أحياء بدائية النواة متقاربة في صفاتها وهي:

1- البكتيريا ضوئية التغذية Phototrophic bacteria

هي مجموعة من البكتيريا، التي تستمد الطاقة للنمو من أشعة الشمس، وتحصل على احتياجاتها من عنصر الكربون من غاز ثاني أكسيد الكربون أو الكربون العضوي.

2- البكتيريا المنزلقة The gliding bacteria

هي البكتيريا المنزلقة أو الزاحفة فوق السطوح الرطبة.

3- البكتيريا المتبرعمة أو المذيلة Budding or appendaged bacteria

البكتيريا المتبرعمة أو التي بها زوائد، تمتلك عادة أشكال غير عادية، ودورات حياة معقدة وتتكاثر بالتبرعم.

4- البكتيريا اللولبية أو المتموجة The Spirochetes Bacteria

البكتيريا المتموجة ذات الجدار المرن. تظهر الخلايا كأنها ملتفة بواسطة خيط محوري، جميع أفراد هذه الرتبة متحركة بالتفافها حول محورها.

5- البكتيريا الحلزونية والمنحنية Spiral and Curved bacteria

البكتيريا الحلزونية تحتوي على واحدة أو أكثر من التقلبات أو الموجات. ويتبعها البكتيريا الضمية مثل القضبان المنحنية. تتميز البكتيريا المنحنية بجدار خلوي صلب وتتحرك بالأسواط التي تخرج من أطراف الخلية.

6- البكتيريا الكروية الهوائية والسالبة لصبغة الجرام.

Gram negative aerobic and cocci

7- البكتيريا العصوية اللاهوائية الاختيارية السالبة لصبغة الجرام.

Gram negative facultatively anaerobic rods

البكتيريا العصوية الغير هوائية الاختيارية والسالبة لصبغة الجرام بعضها تتحرك بواسطة أسواط والبعض الآخر غير متحرك.

8- البكتيريا اللاهوائية السالبة لصبغة الجرام.

Gram negative anaerobic bacteria

9- البكتيريا الكروية والكروية العصوية السالبة لصبغة الجرام.

Gram negative cocci and coccobacilli

10- البكتيريا الكروية اللاهوائية السالبة لصبغة الجرام.

Gram negative anaerobic cocci

11- البكتيريا كيميائية التغذية غير العضوية السالبة لصبغة الجرام

Gram negative chemolithotrophic bacteria

يحصل أفراد هذه المجموعة على الطاقة اللازمة لها عن طريق أكسدة المركبات غير العضوية، وكثير منها ذاتية التغذية تستطيع استغلال ثاني أكسيد الكربون واختزاله إلى مركبات عضوية.

12- البكتيريا الموجبة لصبغة الجرام. Gram positive bacteria

13- البكتيريا المنتجة للجراثيم الداخلية. Endospores forming bacteria

بعض أنواع البكتيريا تكوّن جراثيم داخلية لها مقاومة عالية للجفاف ودرجات الحرارة العالية. بعضها يسبب أمراضاً خطيرة مثل الجمرة الخبيثة (Anthrax)، والغرغرينا، والتيتانوس.

14- البكتيريا الأكتينوميسيتات Actinomycetes bacteria

تكون بكتيريا الأكتينوميسيتات خلايا خيطية متفرعة تتشابك مع بعضها وتشبه الغزل الفطري.

15- الريكتسيا The Rikettsias

مجموعة صغيرة جداً من البكتيريا المتطفلة السالبة لصبغة الجرام وغير متحركة تشمل البكتيريا المسببة لمرض حمى النفاس (Typhus fever) ومختلف أمراض الحميات الأخرى في البشر.

16- ميكوبلازما The mycoplasmas

أصغر الكائنات الحية، لا يوجد لها جدار خلوي، لذلك ليس لها شكل ثابت، خلاياها مرنة تنزلق من المرشحات البكتيرية. توجد على الأغشية المخاطية للإنسان والحيوان. تسبب أمراض للإنسان والحيوان والبعض منها يسبب أمراضاً للنبات. من الأمراض التي تسببها للإنسان الالتهاب الرئوي والتهاب مجرى البول.

أما شعبة البكتيريا الخضراء المزرقة فتضم أحياء بدائية النواة إما خلايا مفردة أو في تجمعات أو على شكل سلاسل أو خيوط أو مستعمرات، تعيش في البيئات المائية، تحتوي على كلوروفيل أ، وتقوم بعملية البناء الضوئي وتنتج الأكسجين. خلاياها محاطة بغمد جيلاتيني مكون من سكريات عديدة مخاطية وهذا الغمد يعطيها القدرة على التحرك حركة إنزلاقية بسيطة. وبعض أنواعها لديه القدرة على تثبيت النيتروجين الجوي إضافة إلى القيام بعملية البناء الضوئي.

(1) شعبة البكتيريا Division: Bacteria

تعتبر البكتيريا من الكائنات التي نتعامل معها بشكل يومي دون أن نراها، قد يتسبب بعضها في إحداث أمراض والبعض الآخر يعتبر نافعاً للإنسان، ويساهم في صناعات غذائية ودوائية عديدة. كما تساعد بعض البكتيريا بالتخلص من المواد العضوية والمواد الغير عضوية. وتدخل أنواع من البكتيريا في معالجة المياه الملوثة، ومنها ما يستخدم في إنتاج الطاقة، ومنها ما يدخل في عمليات التخمر المختلفة.

يعتبر العالم الهولندي أنطون فان ليفنهوك أول من اكتشف البكتيريا في 1675 عندما فحص قطرات من مياه المطر بواسطة عدساته الخاصة ورأى البكتيريا والفطريات والعديدمن البروتوزوا. ويعتبر العالم الفرنسى باستير (Louis Pasteur 1822-1895) أول من اكتشف علاقة نمو البكتيريا وعمليات التخمر، وعلاقة البكتيريا بالعديد من الأمراض التي تصيب الإنسان، واكتشف باستير طريقة البسترة التي تقتل البكتيريا من خلال الحرارة، واخترع العديد من اللقاحات ضد العديد من الأمراض. ويعتبر العالم الألماني روبرت كوخ (Robert Koch 1843-1910) مؤسس لعلم البكتيريا الحديث، وعرف كوخ المسببات البكتيرية للعديد من الأمراض مثل أمراض السل والكوليرا والأنثراكس.

تتواجد البكتيريا بأعداد هائلة في جميع البيئات في الماء والهواء والغذاء وقد تتواجد متطفلة على كائنات أخرى مسببة لها العديد من الأمراض. وقد تتواجد داخل أجسام كائنات حية أخرى بصورة طبيعية ومفيدة.

أشكال البكتيريا Bacterial Forms

معظم بدائيات النواة وحيدة الخلية، وبعض الأنواع يتعايش في تجمعات مؤقتة أو على هيئة مستعمرات دائمة. يتراوح أقطار الخلايا بدائية النواة من 1-5 ميكرومتر وهي أصغر بكثير من الخلايا حقيقية النواة التي تتراوح من 10-100 ميكرومتر. بالرغم من تنوع تواجدها إلا أن البكتيريا لها اشكالاً رئيسية محددة هي الكروي والعصوي والحلزوني (شكل 8).

أ. الشكل الكروي Spherical shape

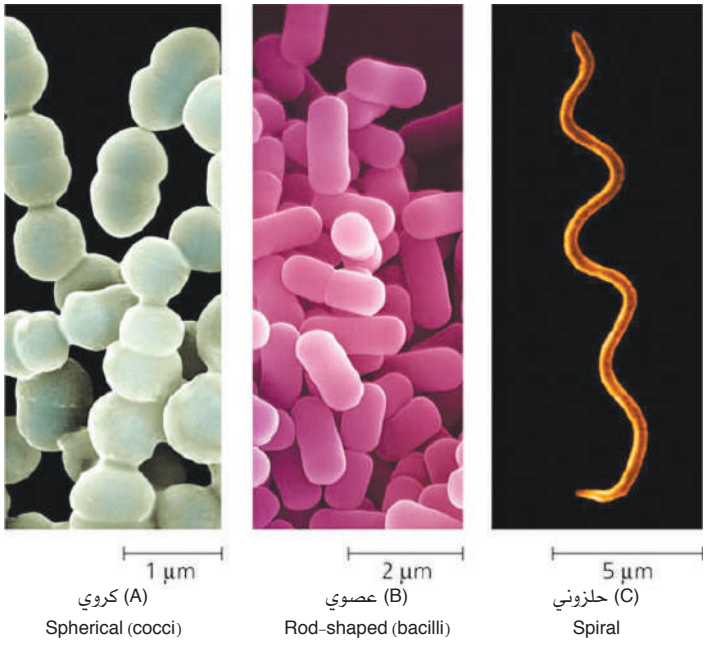
شكل البكتيريا يكون دائرياً أو كروياً، وتسمى البكتيريا الكروية باللاتيني Cocci، والمفرد يسمى Coccus.

ب. الشكل العصوي Rod shape

شكل البكتيريا يكون شبيها بالعصا، وتسمى البكتيريا العصوية باللاتيني Bacilli، والمفرد يسمى Bacillus.

ج. الشكل الحلزوني Spiral shape

شكل البكتيريا يكون ملتوياً بشكل يشبه الحلزون وتسمى البكتيريا الحلزونية باللاتيني Spirilla، والمفرد يسمى Spirillus.



شكل 8: الأشكال الشائعة لبدائيات النواة – الكروية، والعصوية، والحلزونية.

قـد تتواجـد هـذه الخلايا البكتيريـة العصـوية والكروية مفردة أو على شـكل تجمعـات مـن عدد مـن الخلايا. تنتج هذه الأشـكال والتجمعـات المختلفة نتيجة حدوث عملية الانقسـام المباشـر التي تمثل طريقة التكاثر في البكتيريا، وطبيعة مستوى الانقسام الحاصل مع محور الخلية الأم.

فعندما يكون الانقسـام في البكتيريا الكروية بمسـتوى واحد مفرد نحصل على سلسلة من البكتيريا الكروية مختلفة الأطوال وتشبه المسبحة وتدعي Streptococci وهـذا النوع ممكن مشـاهدته فـي جنس المكـورات العقدية، والمكـورات اللبنية، والمكـورات المعدية. وقد تكون مزدوجة وتدعـي بالمكورات الثنائية Diplococci. وقد يكون مسـتوى الانقسـام متعامد مع مسـتوى الانقسام السـابق، فيعطي شكل رباعي ويسـمى بالمكـورات الرباعية Tetrads. وقد يحدث الانقسـام الخلوي في ثلاثة مسـتويات متعامدة مع بعضـها لتعطي شـكل مكعبي مكون من ثمانية خلايا وتسـمى بالمكـورات المكعبـة Sarcina أو المكـورات الثمانية كجنـس المكورات الدقيقة Micrococcus. أما أعضـاء جنس المكورات العنقودية فتنقسـم خلاياها في مسـتويات عشـوائية لتنتج تجمعات عنقودية شبيهة بعنقود العنب غير منتظمة (شكل 9).

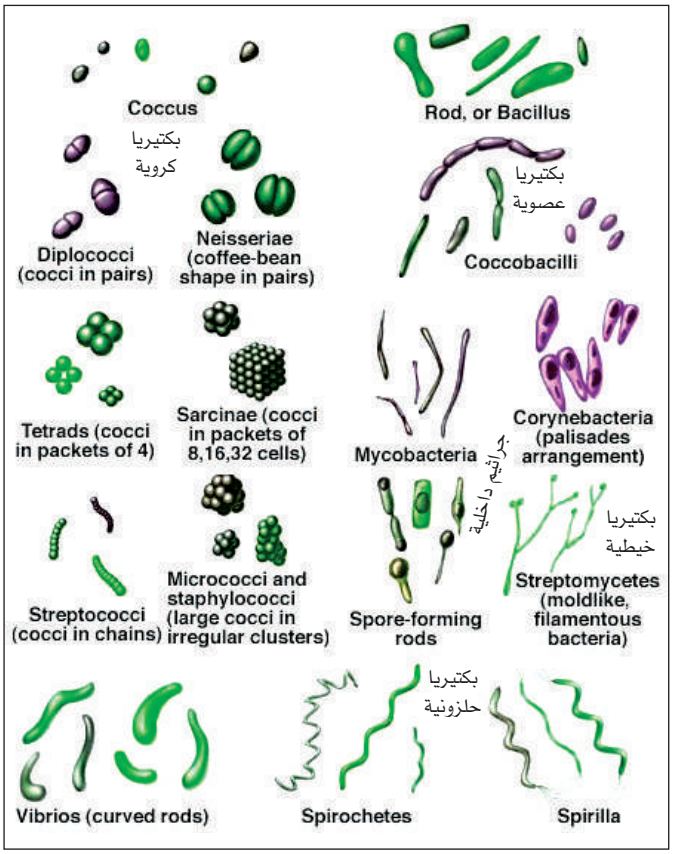
شكل 9: أشكال وتجمعات البكتيريا الكروية – (A) البكتيريا الكروية الثنائية، (B) البكتيريا الكروية السبحية، (C) البكتيريا الكروية العنقودية.

أما في حالة البكتيريا العصـوية فيكون مسـتوى الانقسـام متعامداً مع المحور الطولـي للخليـة فتنتـج عنها تجمع خلوي على شـكل سلاسـل تختلـف في طولها باختـلاف الأنـواع البكتيرية وظروف المعيشـة كما هو في الأفـراد التابعة لجنس باسـيلس (البكتيريا العضـوية) *Bacillus* وجنس لاكتوباسـيلس (العصوية اللبنية) *Lactobacillus*. وقد تنفصل هذه الخلايا في السلسلة عن بعضها بواسطة الجدار الخلوي الذي يحيط بكل خلية وهذا ما يميز السلاسل وتجمعاتها.

أما البكتيريا الحلزونية فعادة ما تتواجد على شكل خلايا مفردة وغير متجمعة تختلـف فـي أطوالها وأشـكالها وعـدد اللفات وسـمك الجدار الخلوي وصـلابته باختلاف أنواع البكتيريا. فقد تكون على شكل الفاصلة Comma أو علامة الضمة وتسمى بالبكتيريا الضمية أو البكتيريا الواوية Vibrio والتي تتميز بصلابة جدارها الخلوي وتتحرك بالأسواط. وقد تتواجد على أشكال لولبية، وهي خلايا مرنة تمتاز بالحركة الالتوائية والانثناء لانعدام وجود الأسواط فيها.

من الأشـكال الأخرى للبكتيريا الشـكل الخيطي الذي يشبه الفطريات وتسمى البكتيريـا في هذه الحالة بالبكتيريا الخيطيـة Filamentous forms، حيث تتكون مـن خيـوط متفرعة أو هيفات عبارة عن خيوط رفيعة طويلة وغير مقسـمة بجدر مستعرضة. تعتبر الأكتينومايسيتات Actinomycetecs خيوط بكتيرية تشبه الغزل الفطري حيث كانت تصـنف سـابقا بمجموعة الفطريات ونظرا للتكوين الكيميائي للجدار الخلوي ولاحتوائها على مادة وراثية غير محاطة بغشاء نووي وضعت ضمن مملكة البكتيريا الحقيقية.

يمكـن أن تتنوع أشـكال البكتيريا كذلك لاحتوائهـا على جراثيم داخلية التي قد تكون طرفية أو تحت طرفية أو مركزية (شكل 10).



شكل 10: بعض أشكال البكتيريا وتجمعاتها.

حجم الخلية البكتيرية Bacterial size

تتفـاوت الخلايا في أحجامها، ويرتبط حجم وشـكل كل خلية بوظيفتها. ومعظم الخلايا صغيرة جدا ولا يمكن رؤيتها بالعين المجردة لذا يطلق عليها مجهرية الحجم.

البكتريا الحقيقية أصـغر أنواع البكتيريا في حجمها ونظراً لصـغر الحجم فإنه يقاس عادةً باستعمال المسطرة الميكرومترية العينية التي تتكون من مقياس مدرج مـن الخطوط، كل خط يمثل المقياس بالميكرومتر Micrometer ويرمز له بالرمز (µm) وهـو يسـاوي 1000/1 مـن المليمتـر (mm)، والنانومتر ويرمـز له بالرمز (nm) وهو يساوى 1000/1 من الميكرومتر.

وتؤخذ القياسات بواسطة مقياس العدسة العينية الميكرومترية Ocular micrometer بالاستعانة بالشريحة الميكرومترية والمكونة من عدة تدريجات فيطابق الخط الأول من المسطرة الميكرومترية العينية مع الخط الأول من تدريجات الشريحة ليلاحظ في أي الخطوط يحصل التطابق بين المسطرتين، ثم تحسب عدد الخطوط التي تتطابق مع تدريجات الشريحة ليمثل عددها قيمة كل خط من المسطرة العينية. وتختلف البكتيريا فيما بينها في الحجم فمنها الصغير جداً الذي يشاهد بصعوبة بالغة بالميكروسكوب المركب فمثلاً *Dialister pnemosintes* وهي بكتريا عصوية طولها من 0.15 -0.2 µm، وميكروبات عائلة Enterobacteriaceae عصويات طولها من 0.3 -1.5 µm، وتوجد بكتريا كبيرة مثل *Spirillum volutans* عرضها 1.5 وطولها 10µm وهي من أكبر انواع البكتيريا الحقيقية، ويصل طول بعض البكتيريا غير الحقيقية إلى 80 µm.

أماكن تواجد وانتشار البكتيريا Habitats and Distribution of Baccteria

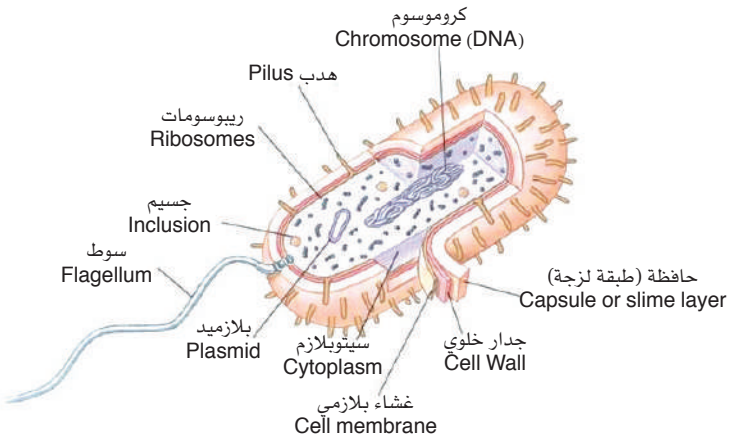
تم تعريف ما يقرب من 5000 نوعاً من البكتيريا حتى الآن. تتواجد هذه الأنواع تقريباً في جميع الأوساط والبيئات الطبيعية. كما يقدر العلماء عدد الخلايا البكتيرية التي يمكن أن تتواجد في جرام واحد من التربة الخصبة بما يقرب من 2 مليار خلية بكتيرية.

تتواجد البكتيريا في وعلى النباتات والحيوانات، وفي كافة أنواع التربة، والمياه، وفي الهواء، وفي أي وسط أو مكان يفكر الإنسان فيه. لذلك يمكننا القول بأنّ البكتيريا تعيش في كل مكان حولنا وفي داخل أجسامنا خاصة في الجهاز الهضمي والجهاز التناسلي. هذه الكائنات تستطيع العيش في أماكن مختلفة بأكسجين وبدون أكسجين لوجود نوعين من البكتيريا، البكتيريا الهوائية والتي لا تستطيع أن تعيش أو تتكاثر في غياب الأكسجين، أما النوع الثاني وهي البكتيريا اللاهوائية والتي لا تستطيع العيش والتكاثر بوجود الأكسجين. وتتميّز هذه الكائنات الصغيرة بقدرتها على حماية نفسها ضدّ أي نقص للغذاء، أو الماء، أو الأكسجين، من خلال مقدرتها على عمل غشاء خلوي جديد سميك داخل الغشاء القديم، ويسمى

الكائن الجديد المتكون باسم البوغ أو الجرثومة. وفي حالة توفر الأكسجين والماء والغذاء، تستطيع الجرثومة أن تتحول إلى بكتيريا نشطة مرة أخرى.

التركيب الخلوي للبكتيريا Cellular Structure of Bacteria

تتركب الخلايا البكتيرية النموذجية من مكونات خلوية بعضها أساسي موجود في جميع أنواع البكتيريا والبعض الآخر يقتصر وجوده على أنواع معينة. تضم التراكيب الأساسية كل من الجدار الخلوي، والغشاء البلازمي، والسيتوبلازم، وما يحتويه من مادة وراثية وريبوسومات، أما التراكيب الغير أساسية فتشمل الأسواط، والعلبة أو الكابسولة، والأهداب، والجراثيم الداخلية (شكل 11).



شكل 11: تركيب الخلية البكتيرية النموذجية.

التراكيب الأساسية للخلية البكتيرية

1. الجدار الخلوي The Cell Wall

يعتبر الجدار الخلوي أحد أهم الصفات المميزة لبدائيات النواة الذي يحيط بالخلية ويحافظ على شكلها. وقد يتواجد الجدار الخلوي في الكائنات الحية الأخرى حقيقية النواة مثل الطحالب والفطريات والنباتات لكنه يختلف في التركيب عن الجدار الخلوي لبدائيات النواة. فعلى سبيل المثال يتكون الجدار الخلوي في النباتات من السليلوز، وفي الفطريات من الكايتين. وتفتقد الخلايا الحيوانية الجدار الخلوي.

يوفر الجدار الخلوي الحماية ويمنع الخلايا من الانفجار إذا تواجدت في وسط منخفض التركيز hypotonic environment، أما في الأوساط الأعلى تركيزاً hypertonic environment فتفقد معظم بدائيات النواة الماء وتتقلص محتويات الخلايا بعيداً عن الجدار الخلوي "تتبلزم plasmolyze". فإذا ما كان هناك فقد شديد للماء فإن ذلك يؤثر على نموها ويثبط تكاثرها. وهذا يفسر دور الملح في حفظ بعض الأغذية مثل اللحوم والأسماك.

طبقة الببتيدوجليكان Peptidoglycan layer

تتكون جدر معظم الخلايا البكتيرية من الببتيدوجليكان peptidoglycan، وهو عبارة عن شبكة من بوليميرات السكريات مرتبطة بسلاسل ببتيدية قصيرة. وتعرف مادة الببتيدوجليكان بالميورين Murein (شكل 12). والميورين عبارة عن وحدات متبادلة من مركبين يشكلان الهيكل البنائي للببتيدوجليكان. وهما:

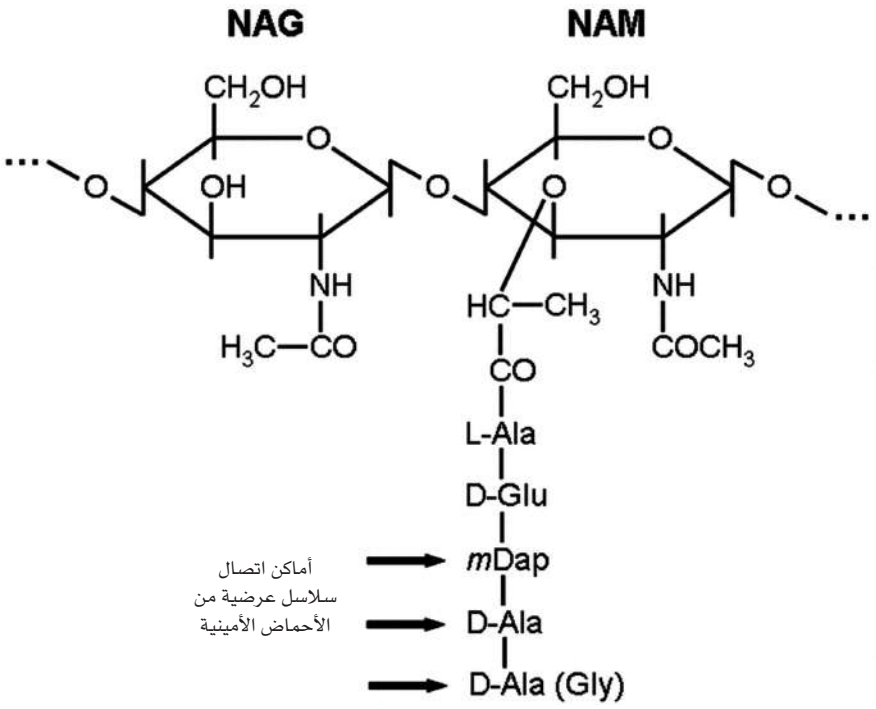
أسيتيل جلوكوز أمين acetylglucose amine NAG–N

وأسيتيل حامض الميوراميك acetyl muramic acid NAM–N

بالإضافة إلى سلسلة من الأحماض الأمينية. ويتبادل جزيئي السكر في سلسلة الببتيدوجليكان (NAG) و(NAM) ليكونا صفاً من البناء الكربوهيدراتي الأساسي الذي يحتوي على عدد جزيئات يتراوح من 10 – 65 جزيء سكر في كل صف.

ويتصل جزيء سكر NAM بسلسلة مكونة من أربعة جزيئات من الأحماض الأمينية وقد تتصل سلاسل الأحماض الأمينية المتجاورة بواسطة سلاسل عرضية من الأحماض الأمينية، تتكون من 1 – 5 جزيء. ويكون البناء الكربوهيدراتي للجدار والروابط الببتيدية والأحماض الأمينية خيوطاً دقيقة تسمى الألياف الدقيقة (Microfibrils) تكون شبه صلبة حول الجدار.

أما جدار الخلية البكتيرية القديمة Archaean cell walls فإنه يحتوي على نوع من السكريات المتعددة وبروتينات ولا يوجد بها الميورين.



شكل 12: تركيب وحدة الميورين muramic acid في الببتيدوجليكان لجدار الخلية البكتيرية الحقيقية في نوع الإي كولاي *E. coli*

صبغة جرام Gram Stain

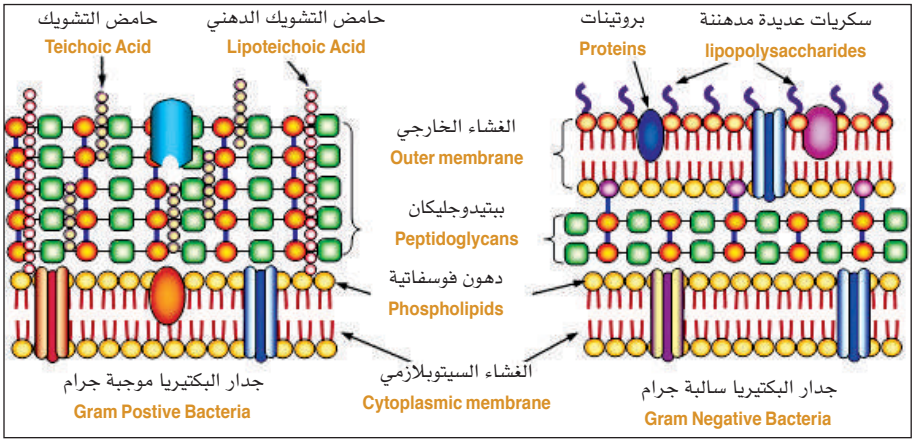
باستخدام صبغة جرام التي اكتشفها الطبيب هانز كريستيان جرام Hans Christian Gram أمكن التفريق بين نوعين من الخلايا لاختلافهما في تكوين الجدار الخلوي هما:

(أ) بكتيريا موجبة لصبغة جرام Gram positive

الجدار الخلوي بسيط يتكون من طبقة كبيرة نسبياً من مادة الميورين أو الببتيدوجليكان. نظراً لكبر طبقة الميورين أو الببتيدوجليكان فإنها تعمل على حفظ الصبغ البنفسجي فتظهر الخلايا مصبوغة بها.

(ب) بكتيريا سالبة لصبغة جرام Gram negative

الجـدار الخلوي معقد التركيب يتكون من طبقة صـغيرة مـن الميورين محاطة بطبقـة خارجية من سـكريات عديدة مدهننـة lipopolysaccharides، وبروتينات (شـكل 13). يسـتطيع الكحول أن يغسل الصبغ البنفسـجي وبذلك تظهر الخلايا مصبوغة بالصبغ الأحمر.



شكل 13: استجابة الخلايا البكتيرية لصبغة جرام تبعاً للاختلاف في تركيب الجدار الخلوي في البكتيريا سالبة جرام والبكتيريا موجبة جرام.

طريقة صبغة جرام

وتحتاج صبغة جرام لأربعة محاليل مختلفة:

(أ) صبغة أساسية (صبغة بنفسجية) Crystal violet

صبغة قاعدية Basic dye لونها بنفسجي.

(ب) مرسخ (مثبت) Mordant

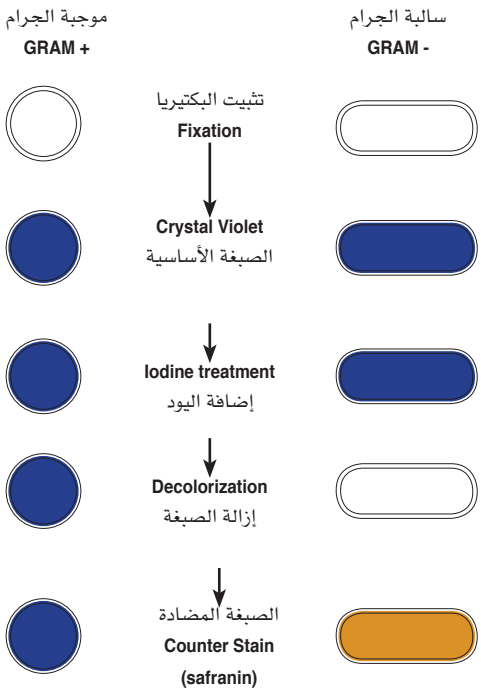
وهـو عبـارة عن مادة تزيد القابلية أو الجذب بين الخلية والصـبغة، بمعنى أنها تسـاعد على ترسيب الصـبغة وتثبيتها على سـطح الخلية. من أمثلة المرسخات: الأحماض، القواعـد، أملاح المعـادن، واليود. وباسـتعمال المادة المرسـخة فإن الخلية تصبغ بقوة كما أنه يصعب إزالة الصبغة منها.

(ج) عامل مزيل للون Decolorizing agent

وهو عبارة عن مادة تزيل الصبغة من الخلية المصبوغة. بعض الخلايا المصبوغة تزول صبغتها بسهولة أكثر من خلايا أخرى بسبب الاختلاف في التركيب الكيميائي للجدار الخلوي.

(د) صبغة مضادة Counter Stain

وهي صـبغة قاعدية تختلف في لونها عن لون الصـبغة الأساسية ومن أمثلتها صبغة الصفرانين ولونها أحمر، والغرض من استعمالها إعطاء الخلايا التي أزيلت منها الصبغة الأساسـية لوناً يختلف عن لون الصـبغة الأساسية. وعلى ذلك فإن الخلايا التي لم تزال منها الصبغة الأساسية تحتفظ بلون الصبغة الأساسية وتسمى خلايا موجبة جرام، أما الخلايا التي أزيلت منها الصـبغة الأساسـية فإنها تأخذ لون الصـبغة المضادة وتسمى خلايا سالبة جرام (شكل 14).



شكل 14: طريقة صبغة جرام للخلايا البكتيرية.

ما هي التفاعلات التي تحدث عند إضافة صبغة جرام؟

عند إضافة الصبغة البنفسجية Crystal violet إلى الشريحة تصل هذه الصبغة إلـى داخل جدار الخلية، وعند إضـافة محلول اليـود Iodine Solution يتفاعل مع Crystal violet ليكـون مركـب يسـمى Crystal violet – Iodine complex فعند إضـافة الكحـول Alcohol يدخل إلى جـدار الخلية فإذا كان المركـب الأول قابلاً لذوبـان فـي الكحول فإنه سـوف يذوب ويخرج خـارج جدار الخليـة وبذلك يفرغ جدار الخلية من أي صـبغة فعند إضـافة الصـبغة المضادة مثل صبغة الصفرانين Safranin ذات اللون الأحمر فإنها سـتدخل إلى جدار الخلية وتلونها وبذلك تكون البكتيريا سـالبة لصـبغة جـرام أمـا إذا كان المركب الأول غير قابـل للذوبان في الكحول فإن الصبغة البنفسجية Crystal violet سوف تثبت في جدار الخلية فعند إضـافة Safranin فإنهـا لن تجد لها مـكان داخل الخلية لتثبـت فيه وبذلك تكون البكتيريا موجبة لصبغة جرام.

أهمية صبغة جرام:

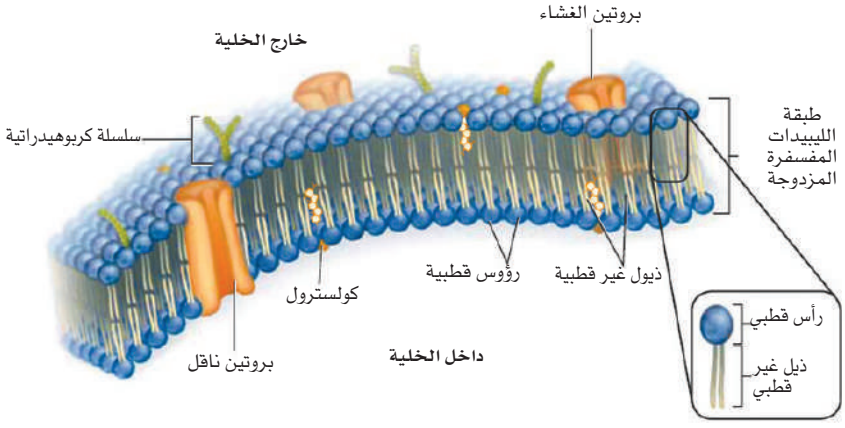
تعد صـبغة جرام أحـد طرق التعريف الهامة المسـتخدمة في الطب. من بين أنـواع البكتيريـا الممرضـة تعتبر البكتيريا سـالبة جـرام أكثر خطـراً من موجبة الجرام، حيث تعتبر طبقة عديدة التسـكر المدهننة التي تحيط بالخلايا البكتيرية من الخارج من المواد السـامة إضافة إلى أنها تحمي الخلايا البكتيرية من الجهاز المناعـى للعائل، وكذلك تمنع من نفاذ المضـادات الحيويـة لداخلها. لذلك تعتبر البكتيريا الممرضـة سـالبة جرام أكثر مقاومة للمضـادات الحيويـة عن البكتيريا الممرضة موجبة جرام.

تأتى كفاءة المضـادات الحيوية مثل البنسـيلين من خلال تثبيطها للروابط التي تجمـع وحدات الميورين داخل الجدار الخلوي للبكتيريـا وبذلك تمنع تكوين جدار خلـوي فعـال وتدمير الخلايـا البكتيرية دون التأثيـر على خلايا الإنسـان التي لا تحتوي على مادة الببتيدوجليكان.

2- الغشاء البلازمي Plasma membrane

غشـاء رقيق له نفاذية اختيارية يحيط بسـيتوبلازم الخليـة ويقع تحت الجدار الخلوي ويبلغ سـمكه 7.5 نانومتر. يتكون الغشـاء البلازمي من الدهون المفسفرة والبروتينات. وتترتب الدهون المفسـفرة مع بعضـها البعض متخذة شـكل الطبقة الرقيقـة جداً. الوحدة البنائية للدهون المفسـفرة عبـارة عن جزيئين من الدهون، ومجموعة من الفوسـفات. تشكل الجزيئات الدهنية الأجزاء غير القطبية الكارهة للماء، في حين تشكل المجموعات الفوسفاتية الأجزاء القطبية المحبة للماء.

وقد أثبتت الدراسـات التشـريحية والكيميائية بأن الغشـاء البلازمي يتكون من البروتينات بنسـبة حوالي 60-70% من الغشـاء، أما الدهون المفسـفرة فبنسبة تتـراوح من 10 إلى 30%، تتواجد الدهون المفسـفرة على هيئـة طبقتين، بينهما توجد البروتينات المتداخلة ونسـبه قليلة من البروتينات تكون ممتدة سطحية على الغشاء (شكل 15).



شكل 15: تركيب الغشاء البلازمي في الخلية البكتيرية – تبعاً لنموذج الفسيفساء السائل لسنجر ونيكولسون (1972).

اقترح العالمان سنجر ونيكولسون نموذج الفسيفساء السائل لتفسير طبيعة تركيب الغشاء البلازمي. ويحتوي الغشاء البلازمي حسب هذا النموذج على طبقتين من الدهون المفسفرة، تتألف كل طبقة من شقين: الشق الأول وهو رؤوس من فوسفات الكلسترول وهو الجزء القطبي المحب للماء، وتمتد طبقة من هذه الجزيئات إلى خارج وداخل الغشاء المقابل للسيتوبلازم، أما الشق الثاني وهو ذيول من سلاسل طويلة من الأحماض الدهنية الكارهة للماء.

تخترق هذه الطبقة جزيئات بروتينه في تركيب فسيفسائي، قد ترتبط بمواد نشوية على السطح الخارجي للغشاء وتسمى جليكولبيدات، وقد ترتبط بمواد سكرية فتسمي بالجليكوبروتينات، تسمي هذه البروتينات التي تنتظم على سطح الغشاء بالبروتينات السطحية، أما البروتينات التي تكون ممتدة بين السطحين فتسمي بالبروتينات الممتدة.

من أهم وظائف الغشاء البلازمي، وظيفة النقل بواسطة تكوين ما يعرف بالحويصلات، عن طريق إحاطة بعض المواد بما يعرف بالحويصلات الغشائية، أو الغشاء الشبه ناضح Semi permeable التي تسمح بإدخال المواد التي تحتاجها الخلية أو إخراج المواد التي ترفضها الخلية كالنواتج الثانوية. وهناك وظيفة أخرى للغشاء البلازمي تعرف بعملية الانتشار الحر، حيث أن الكثير من المواد تتحرك خلال هذه الأغشية بطريقة تعرف بطريقة الانتشار الحر، بحيث أن نسبة هذا الانتشار يتناسب بشكل طردي مع نسبة ذوبان هذه المواد مع الدهون.

3- السيتوبلازم Cytoplasm

سيتوبلازم الخلايا البكتيرية له تركيب بسيط حيث يحتوي على الريبوسومات Ribosomes والمادة الوراثية البكتيرية Bacterial genome، وهذه التراكيب توجد في جميع الأجناس البكتيرية. والسيتوبلازم عبارة عن سائل غروي يتكون من الماء بنسبة 75 إلى 85%، وبروتينات، ودهون، وكربوهيدرات، ومركبات غير عضوية.

يتكون السيتوبلازم من ثلاثة أجزاء هي:

1. المنطقة الحبيبية Granular region
2. المنطقة الصبغية Pigmented region
3. المنطقة السيتوبلازمية السائلة Fluid cytoplasmic region

سميت المنطقة الحبيبية بهذا الاسم لوجود كميات كبيرة من الحبيبات المنتشرة بجميع أنحاء السيتوبلازم، هذه الحبيبات هي الريبوسومات التي تتكون من الحمض النووي الريبوزي الريبوسومي rRNA وجزيئات من البروتينات، هذه الريبوسومات لها دور مهم في تخليق البروتينات والإنزيمات (البروتينات الوظيفية) التي تستخدم في جميع عمليات الأيض.

أما المنطقة الصبغية فهي غنية بالحمض النووي وهو الحمض الريبوزي منقوص الأكسجين DNA وهو عبارة عن كروموسوم سابح في وسط الخلية.

وأخيراً المنطقة السيتوبلازمية السائلة التي تتكون من خليط معقد من العديد من المكونات منها الأيونات، والأحماض الأمينية والبروتينات والقواعد النيتروجينية مثل البيورينات والبريميدينات، كما توجد فيه الفيتامينات والإنزيمات والعديد من المواد الأيضية الأخرى، كما يوجد في هذه المنطقة الفجوات الغذائية التخزينية كالنشا والدهون والكبريت.

4- نواة بدائية Nucleoid

توجد المنطقة النووية في السيتوبلازم في بدائيات النواة غير محاطة بغشاء نووي. وهي المادة التي تحمل الصفات الوراثية وهي عبارة عن جزئ طويل مفرد من الـDNA في صورة حلقية يرتبط ارتباط غير محكم ببعض البروتينات مكونة ما يسمى بالكروموسوم حيث تحتوي الخلية البكتيرية على كروموسوم واحد.

قد يحتوي سيتوبلازم الخلية البكتيرية أيضاً على جزيئات صغيرة حلقية من الـDNA تعرف بالبلازميدات Plasmids وهي أجسام كروموسومية إضافية يتراوح عددها من بلازميد واحد إلى ما يقرب من 40 من البلازميدات تكون خارج المادة النووية إذ تستنسخ بمعزل عن كروموسوم الخلية. قد تضيف المعلومات الوراثية

الموجودة في هذه البلازميدات صفات خاصة للبكتيريا مثل مقاومة المضادات الحيوية.

التراكيب الأربعة السابقة تعتبر تراكيب أساسية في الخلية البكتيرية لأنه إذا حدث تلف لأحد هذه التراكيب يؤثر ذلك على حياة الخلية، على عكس التراكيب الأخرى التي قد توجد في بعض أنواع الخلايا البكتيرية مثل الأسواط، والأهداب، والحافظة أو الكابسولة أو العلبة، والجراثيم الداخلية.

5- الأسواط البكتيرية Flagella

السوط هو عضو خيطي يتكون أساساً من بروتين يسمي الفلاجلين Flagillin. يبلغ سمك السوط من 12- 30 نانومتر وتستخدمه البكتيريا في الحركة motility.

ومن الصعوبة الشديدة رؤية الأسواط باستخدام المجهر الاعتيادي ومن المناسب استخدام تقنيات أخري كالمجهر الالكتروني، الذي يعطي صورة واضحة للسوط من حيث العدد والتوزيع والموقع بالنسبة للخلية البكتيرية. وقد تستخدم أصباغ خاصة مثل الحبر الهندي أو استخدام أصباغ مركبة حيث تعامل الخلية البكتيرية بماده مثبته للألوان والتي تمثل محلول غروي يترسب بشكل طبقة سميكة على سطح الخلية وعلي السوط وهي غير قابلة للاصطباغ لذلك عند إضافة الصبغة يمكن مشاهدة المادة المترسبة على سطح السوط باستخدام المجهر الضوئي العادي.

توجد الأسواط على أسطح بعض الأجناس البكتيرية الموجبة والسالبة لصبغة جرام، والعصوية والحلزونية، ونادراً ما توجد في البكتيريا الكروية.

توزع الأسواط بصور عديدة فتوجد بكتيريا تحتوي على سوط وحيد تسمى Monotrichous وأخرى تحمل مجموعة من الأسواط تنشأ من طرف واحد تسمى Lophotrichous وتوجد بكتيريا تحمل سوط واحد من طرفي الخلية فتسمى Amphitrichous أما التي تحمل الأسواط من الجانبين وتسمى Kophotrichous. البكتيريا التي لها أسواط من كل سطح الجسم يطلق عليها Peritrichous. وهناك العديد من الأنواع البكتيرية عديمة الأسواط Atrichous.

تنشـأ الأسـواط من المنطقة الداخلية للخلية البكتيرية من السيتوبلازم عابرة الغشـاء البلازمي والجدار الخلوي لتمتد خارج الخلية على شـكل امتدادات خلوية خيطيـة. لذلـك يتركب السـوط ظاهرياً من ثلاثـة أجزاء هي: الجسـم القاعدي، والجزء المنحني «الخطاف»، والخيط أو الشعرة.

أ- الخيط Filament:

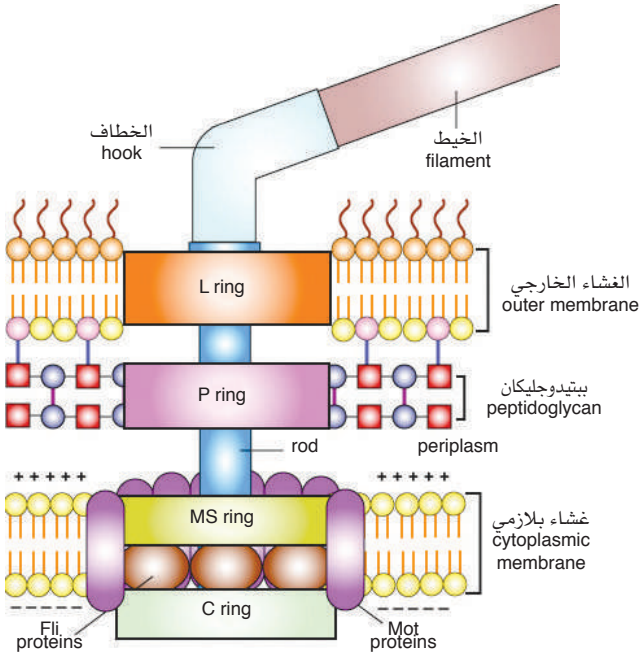
وهـو جزء خارجـي طويل ذو قطر ثابت ويحتوي على جزيئات مسـتديرة تتكون من بروتين يسـمى الفلاجليـن (Flagellin) الذي تترتب جزيئاته في عدة أشـرطة تتشابك مع بعضها البعض مكونة شكلاً حلزونياً حول محور أجوف.

ب - الخطاف Hook:

وهو يتصـل بالخيط من أسفل بقاعدة أعرض قليلاً ويتكون من نوع مختلف من البروتين.

ت- الجسم القاعدي Basal body:

الجسـم القاعـدي هو الجـزء المطمـور داخل الخليـة بين الجـدار الخارجي والغشـاء السـيتوبلازمي ويحتوي على الجهـاز المحرك للسـوط ويتألف الجسـم القاعدي للسـوط في البكتيريا السـالبة لصـبغة الجـرام من أربـع حلقـات ذات تركيـب بروتيني تدعى بـL ring وP ring وMS ring وهناك حلقة بروتينية أخرى اكتشـفت مؤخـراً تدعـى بالـC ring على جهة الغشـاء السـيتوبلازمي. تربط هذه الحلقات بالقضـيب المركزي للسـوط. أما في البكتيريا الموجبة لصـبغة الجرام فيتكون الجسم القاعدي للسوط من حلقتين فقط داخلية تتصل بالغشاء البلازمي وخارجية تتصل بطبقة الببتيدوجليكان (شكل 16).

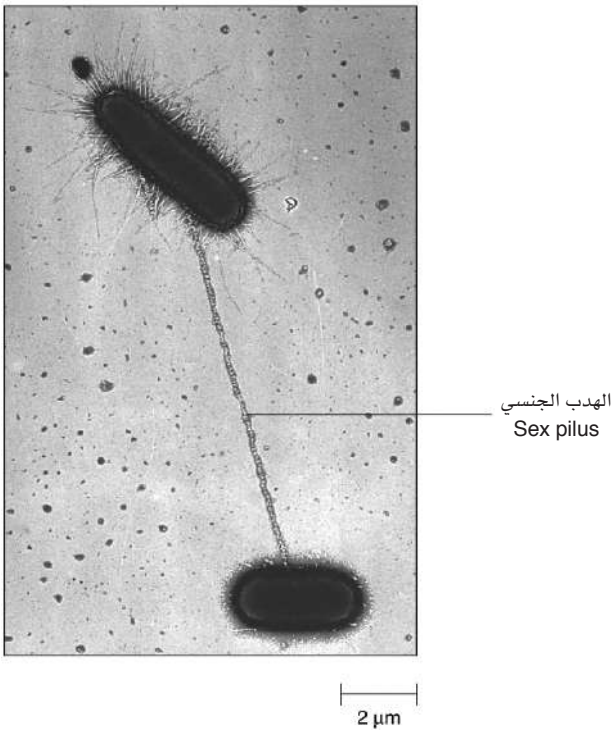


شكل 16: أجزاء السوط في الخلية البكتيرية.

6- الزوائد الوبرية والأهداب Pili

تخـرج الزوائـد الوبرية من سـطح الخلية البكتيرية وهي تتميز بصـغر حجمها وقصـر طولها عن الأسواط البكتيرية، حيث يصل قطر الزوائد الوبرية إلى 3-10 نانومتر. تتميز هذه الأوبار بكثرة عددها وانتشـارها على سـطح الخلية البكتيرية. تتكون هذه الأهداب من بروتين يشبه الفلاجلين وهو البلين pilin.

ليسـ لهـذه الزوائد علاقة بحركة الخلايا البكتيرية، لكنها تسـاعد على التصـاق الخليـة البكتيرية بالأجسـام الغريبة أو بخلايا بكتيرية أخـرى، أو بخلايا العائل التي تتطفل عليه، أو في الوسط البيئي التي تتغذى عليه. بالإضافة إلى ما سبق تقوم بعض هـذه الزوائد كقنوات تمـر من خلالها المادة الوراثية أو جـزء منها من خلية بكتيرية لأخرى وتكون في هذه الحالة أطول وتعرف بالشـعيرة أو الهدب الجنسي sex pilus. ويعرف هذا الانتقال للمادة الوراثية بعملية الاقتران البكتيري (شكل 17).



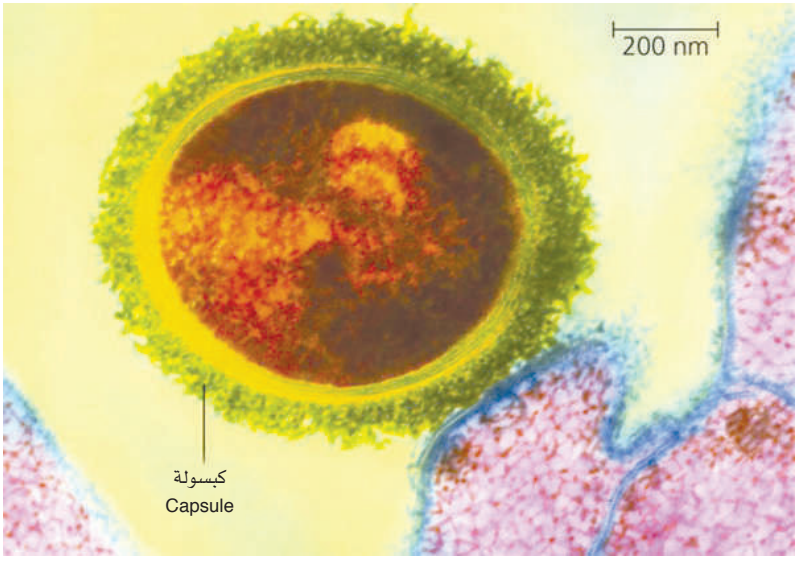
شكل 17: الزوائد الوبرية والهدب الجنسي لبكتيريا E. coli بالمجهر الإلكتروني.

7- الكبسولة أو العلبة Capsule

تفرز العديد من الخلايا البكتيرية مواد عديدة التسكر كالدكستران والليفان Dextran & Levan وبروتينات تشكل طبقة لزجة مخاطية تغطي الجدار الخلوي من الخارج وتعرف هذه الطبقة بالكبسولة أو الحافظة أو العلبة.

تمكن الحافظة الخلايا البكتيرية من الالتصاق بالأسطح التي تنمو عليها أو بالخلايا المجاورة في المستعمرة. عملية تكوين الحافظة في البكتيريا هي عملية وراثية تقع تحت سيطرة جين محدد من التركيب الوراثي للخلية وعند تعرض هذا الجين إلى طفرة معينة فإنه من الممكن أن تعطي خلية ذات حافظة أو خلية بدونها لنفس النوع. فينتج عن ذلك مستعمرات ذات خصائص مختلفة كمستعمرات ناعمة ومستعمرات خشنة لنفس النوع. ولهذا النوع من الطفرات تأثيرات واضحة على البكتيريا الممرضة

وقدرتها على الإصابة بالمرض. حيث توفر الحافظة نوع من الحماية خاصة للبكتيريا الممرضة ضد الجهاز المناعي للعائل الذي تتطفل عليه (شكل 18).



شكل 18: خلية بكتيرية محاطة بالكبسولة.

8- الجراثيم أو الأبواغ الداخلية Endospores

الجراثيم الداخلية عبارة عن أجسام بيضاوية الشكل صغيرة الحجم تنتجها عادةً بعض أنواع البكتيريا العصوية مثل باسيلس *Bacillus*، كلوستريديوم *Clostridium*، كذلك بمكن أن تتواجد في بعض أنواع البكتيريا الكروية مثل سبوروسارسينا *Sporosarcina*.

عند تعرض هذه الأنواع البكتيرية لظروف قاسية فإنها تنتج الجراثيم الداخلية. وتتكون الجرثومة عن طريق انكماش السيتوبلازم داخل الخلية البكتيرية متخذاً شكلاً كروياً أو بيضياً ثم يحيط نفسه بطبقة من الببتيدوجليكان تمثل القشرة، يلي ذلك أغلفة الجرثومة المكونة من طبقة أو أكثر من البروتين، ثم الطبقة الخارجية Exosporium، لذلك تعتبر الجراثيم مرحلة كامنة للخلية الأم Dormant (resting) phase.

وللجراثيم الداخلية خواص فسيولوجية مميزة مثل مقاومتها للظروف البيئية غير الملائمة مثل درجات الحرارة المرتفعة، والبرودة الشديدة، والجفاف، والضغط الأسموزي المرتفع، وبعض الإشعاعات ذات الموجات القصيرة، والتركيزات المرتفعة نسبياً من المواد الكيماوية السامة، وقدرتها على السكون dormancy لمدة طويلة فتستطيع أن تعيش لعشرات السنين في غياب مصدر غذائي خارجي نظراً للانخفاض الشديد أو لانعدام نشاطها الأيضي، وعندما يتوفر للجراثيم وسط غذائي مناسب فإنها تمتص الماء وتنتفخ ويتمزق جدار الجرثومة الخارجي وتخرج محتوياتها الداخلية لتنمو إلى خلية بكتيرية قادرة على النمو والانقسام الخلوي.

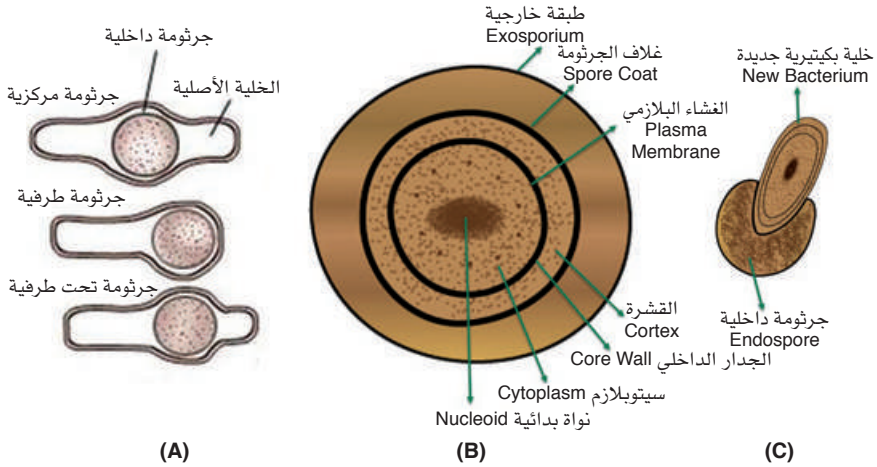
وبعض الجراثيم الداخلية مقاومة للحرارة المرتفعة فيلزم لتحطيمها حرارة تصل إلى 120 م° (بخار تحت ضغط) لمدة 3 ساعات، إلا أن معظم أنواع الجراثيم تقتل بالحرارة الرطبة عند 115–120 م° لمدة 15–20 دقيقة وقليل من جراثيم الأنواع المتجرثمة تقتل بالغليان لمدة قصيرة كما أن منها ما تقتل بالتعريض إلى 58–60 م° لمدة 30 دقيقة.

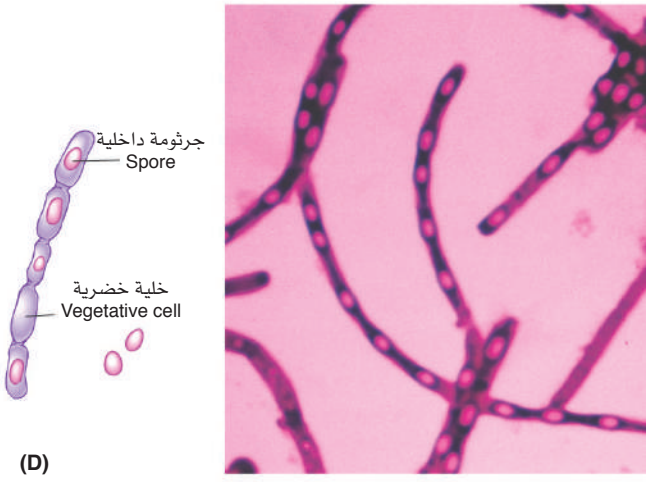
ومقاومة الجراثيم للحرارة تتيح الفرصة لعزل البكتيرات المتجرثمة بطريقة انتخابية من المصادر الطبيعية، وذلك عن طريق بسترة محاليل مائية من المصدر الطبيعي وهذا يقضي على الخلايا البكتيرية تاركاً الجراثيم.

ولا تعتبر عملية إنتاج الأبواغ عملية تكاثرية لأنه لا يحدث أية زيادة في العدد. في العادة كل خلية بكتيرية تنتج بوغاً واحداً، ولكن هناك أنواع من البكتيريا قد تنتج أكثر من بوغ واحد من خلية واحدة. ويمثل البوغ الطور الساكن للخلية البكتيرية.

تتكون داخل الخلية جرثومة واحدة وعلى حسب نوع الخلية البكتيرية يمكن أن تتخذ الجرثومة الداخلية وضعاً معيناً فقد تكون جرثومة طرفية، أو تحت طرفية، أو مركزية (شكل 19). توجد الجرثومة الطرفية في أحد أطراف الخلية، أما الجرثومة تحت طرفية فتوجد قرب نهاية أحد أطراف الخلية، أما الجرثومة المركزية فتتوسط الخلية. قد يكون قطرالجرثومة أصغر من قطر الخلية أو أكبر

منها، وفي الحالة الأخيرة تنتفخ الخلية البكتيرية عند موضع الجرثومة، وقد تسمى في هذه الحالة بالجرثومة المنتفخة.





شكل 19: (A) أنواع الجراثيم الداخلية «الطرفية، وتحت الطرفية، والمركزية»، (B) أغلفة الجرثومة الداخلية، (C) إنبات الجرثومة الداخلية، (D) سلاسل عصوية تحتوي على جراثيم داخلية وخلايا خضرية.

التغذية في البكتيريا Nutrition in Bacteria

تحتاج الكائنات الحية لمتطلبات غذائية تساعدها على القيام بالتفاعلات الحيوية التركيبية كالبناء الضوئي وتوليد الطاقة وبناء مادتها الحية. منها الماء الذي يشكل 80 – 70 % من وزن الخلية البكتيرية وعناصر أساسية كالكربون، والأكسجين، والنيتروجين، والكبريت، والفسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والكربوهيدرات، والدهون، والبروتينات، والأحماض النووية. يضاف إلى ذلك بعض الاحتياجات الضئيلة من العناصر الصغرى مثل المنجنيز، والنحاس، واليود، وبعض الفيتامينات، والأحماض الأمينية كعامل للنمو بكميات ضئيلة جدا.

تنقسم البكتيريا إلى نوعين رئيسيين حسب استخدامها لمصادر الكربون والطاقة والالكترونات التي تستخدمها عند قيامها بالعمليات الحيوية هما:

(1) البكتيريا غير ذاتية التغذية Heterotrophic Bacteria

يمثل هذا النوع معظم أنواع البكتيريا حيث تعتمد هذه الكائنات في تغذيتها غالباً على امتصاص غذائها من مواد عضوية ميتة أي أنها كائنات مترممة Saprobes. ويتم الامتصاص في صورة سائلة من خلال الجدار الخلوي. تؤدي البكتيريا المترممة بالإضافة إلى الفطريات المترممة دوراً أساسيا في تحلل البقايا العضوية في التربة وتدوير مكوناتها في النظام البيئي.

أما البعض الآخر من البكتيريا الغير ذاتية التغذية فيحصل على غذائه عن طريق التطفل "Parasitic Bacteria" على كائنات حية مسبباً أمراض للإنسان والحيوان والنبات.

وقد تحصل البكتيريا على غذائها من خلال المعيشة مع كائن آخر في معيشة تكافلية أو تبادل منفعة فتسمي بالبكتيريا التكافلية Symbiotic Bacteria. مثل البكتيريا المثبتة للنيتروجين التي تعيش في جذور النباتات البقولية، حيث تمد النبات بالنيتروجين الذي تثبته وتحصل من النبات على الكربون والمادة العضوية اللازمة.

(2) البكتيريا ذاتية التغذية Autotrophic Bacteria

وتحصل هذه البكتيريا على الكربون اللازم لها من ثاني أكسيد الكربون الجوي، وتحصل على الطاقة اللازمة لصنع الغذاء من أكسدة المواد الكيميائية أو من الطاقة الضوئية للشمس. لذلك تنقسم البكتيريا ذاتية التغذية لعدة أنواع منها:

أ- البكتيريا ذاتية التغذية كيميائيا Chemoautotrophic bacteria

حيث تحصل على الطاقة من خلال تفاعلات كيميائية تشتمل على أكسدة بعض المجموعات الغير عضوية مثل NH_3, H_2S, and F^{++}. وتوجد هذه البكتيريا في التربة ومياه المجاري والأنهار والبحار، حيث أنها تستطيع أكسدة الأمونيا إلى أملاح النيترات، وتستخدم الطاقة الناتجة عن الأكسدة في تثبيت ثاني أكسيد الكربون وتكوين الكربون العضوي.

ب- البكتيريا ذاتية التغذية الضوئية Photoautotrophic bacteria

تقوم البكتيريا الحاملة لأصباغ الكلوروفيل البكتيري بنوع من البناء الضوئي دون أن تنتج الأكسجين حيث أنها تحصل على الهيدروجين من مركبات كبريتية منتجة المادة الكربوهيدراتية والماء والكبريت كمنتج ثانوي وذلك في وجود الضوء وتعتبر هذه البكتيريا من البكتيريا اللاهوائية.

$$CO_2 + 2H_2S \longrightarrow \text{Carbohydrate} + \text{water} + 2S$$

أما في البكتيريا الهوائية التي تستخدم غاز الاكسجين الجوي في عمليه التنفس مثل السيانوبكتيريا أو البكتيريا الخضراء المزرقة وهي المثبتة للنيتروجين الجوي، كالأنابينا والنوستوك. فتستطيع هذه الأنواع القيام بعملية البناء الضوئي بطريقة مشابهة لما يحدث في النباتات الراقية فتسمى بذاتية التغذية الهوائية.

النمو والتكاثر في البكتيريا Bacterial growth and reproduction

يشير النمو البكتيري إلى الزيادة في عدد الخلايا الكلي وليس الزيادة في حجم الخلية أو كتلتها، ويأتي هذا نتيجة طبيعة الانقسام الخلوي للخلايا البكتيرية فيزداد عددها دون الزيادة بحجمها. تتكاثر البكتيريا بواسطة الانشطار الثنائي binary

fission والذي فيه تنشطر الخلية المفردة إلى خليتين متماثلتين وهو أسلوب تكاثر لاجنسي وتعد من أكثر طرق التكاثر شيوعاً في البكتيريا كما وتتكاثر بعض أنواع البكتيريا بطريقة التبرعم budding مثل بكتيريا *Hyphomicrobium vulgare* وقليل من البكتيريا تتكاثر بواسطة تكوين الكونيدات مثل بكتيريا *Streptomyces spp*. وتتكاثر بعض أنواع البكتيريا الخيطية بواسطة عملية التجزئة fragmentation مثل بكتريا *Nocardia spp*. وهنالك طريقة قد تكون مشابهة للتكاثر الجنسي يطلق عليها الاقتران، حيث تنتقل بعض من المادة الوراثية من خلية لأخرى عن طريق زوائد وبرية Pili «عبارة عن أنابيب دقيقة».

مراحل النمو للبكتيريا Bacteria Growth Curve

عند دراسة مراحل نمو مزرعة بكتيرية، نعلم أن متوسط الوقت اللازم لتكاثر البكتيريا هو ما بين (15–30) دقيقة. ويستمر انقسام الخلايا البكتيرية حتى وصولها إلى حد معين تتوقف عنده نمو الخلايا وهذا يعود إلى عدة أسباب منها استهلاك المواد المغذية الموجودة في الوسط الغذائي أو مكون من مكوناتها، وتراكم نواتج عمليات الأيض حيث انها تكون مواد سمية كالأندول والفينول. يبين الرسم البياني التالي مراحل النمو لحجم معين من البكتيريا في وسط غذائي محدود بفرض أن الظروف المحيطة ثابتة وملائمة للنمو (شكل 20).

1- مرحلة السكون Lag phase

عند زراعة البكتيريا على وسط غذائي فإن عدد الخلايا يظل ثابتا لفترة معينة تعتمد على نوع البكتيريا. في هذه الفترة تكون الخلايا نشيطة فسيولوجياً وهي تعد نفسها للمرحلة التالية وهي مرحلة النمو السريع.

2- المرحلة الأسية «اللوغاريتمية» Logarithmic phase

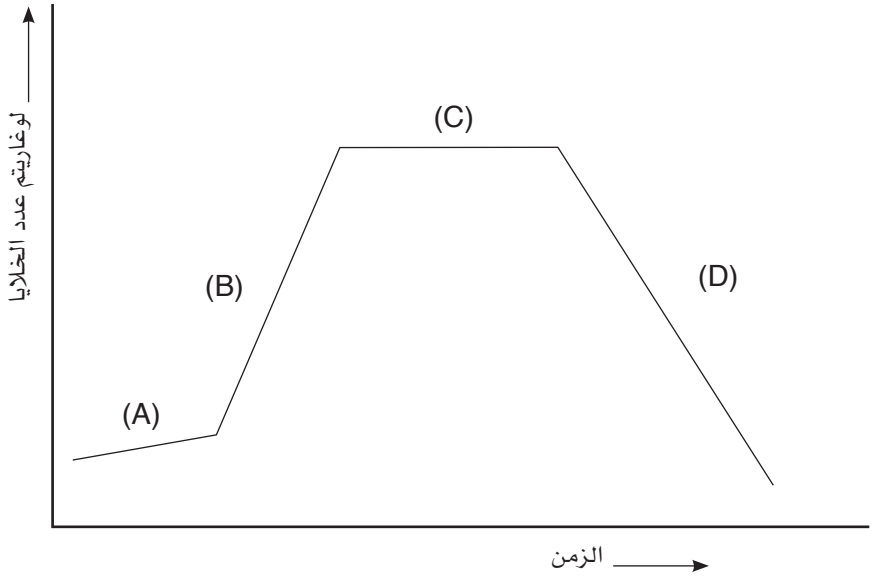
تنقسم الخلايا في هذه المرحلة بصورة نشطة وبمعدل ثابت، فإذا ما مثلت العلاقة بين لوغاريتم عدد الخلايا والزمن اللازم لتضاعفها لظهرت كخط مستقيم. وفي نهاية هذه المرحلة تبدأ المواد الغذائية في النضوب وتتراكم بعض الإفرازات الأيضية مما يؤدي إلى بطء النمو ودخول المزرعة البكتيرية مرحلة الثبات.

3- مرحلة الثبات Stationary phase

فـي هـذه المرحلة تكون عدد الخلايا الحية ثابتاً لأن عدد الخلايا الناتجة عن الانقسـام يسـاوي عدد الخلايـا المتحللة، ولذلك يبدو النمو فـي هذه الحالة كأنه متوقف. في نهاية هذه المرحلة تقل المواد الغذائية وتتراكم المواد الإفرازية السامة وبذلك تدخل المزرعة في المرحلة التالية وهي مرحلة الاضمحلال والتحلل.

4- مرحلة الانحدار Decline phase

في مرحلة الانحدار يقل عدد الخلايا، حيث يفوق عدد الخلايا الميتة الخلايا الحية المتكونة، ويسـتمر نقص المواد الغذائية وتراكم المواد السـامة إلى أن يقف النمو تماماً وتتحلل كل الخلايا.



شكل 20: منحنى النمو في البكتيريا Growth Curve in Bacteria، يوضح (A) مرحلة السكون، (B) المرحلة اللوغارتيمية، (C) مرحلة الثبات، (D) مرحلة الانحدار.

العوامل البيئية المؤثرة على نمو البكتيريا

Environmental Factors Affecting Grouth of Bacteria

بعض الكائنات الحية لها القدرة على التكيف مع البيئات القاسية، فمن المهم أن نفهم الاستراتيجيات التي تستخدمها الميكروبات من أجل البقاء. يساعد فهم التأثيرات البيئية على الميكروبات في السيطرة على نموها ونشاطها.

نستعرض في هذا الجزء بإيجاز آثار العوامل البيئية الأكثر أهمية على نمو الكائنات الدقيقة ومنها: المواد المذابة والنشاط المائي، والرقم الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، ومستوى الأكسجين، والضغط، والإشعاع. ويلخص الجدول رقم 5 كيف يتم تصنيف الميكروبات من حيث استجابتها لهذه العوامل.

المواد المذابة والنشاط المائي «الضغط الأسموزي»

من وظائف الغشاء البلازمي في الخلية البكتيرية هو انتقاء الجزيئات المارة داخل وخارج الخلية. والغشاء البلازمي يهيىء ضغطاً أسموزياً داخل الخلية أكثر ارتفاعاً منه خارجها.

اذا وضع الميكروب في محلول أسموزي منخفض التركيز، سيدخل الماء من الوسط إلى الخلية ويتسبب ذلك بانفجارها مالم يتم شيء ما يمنع التدفق أو يثبط توسع الغشاء البلازمي. وعلي العكس إذا وضعت الخلية في محلول مرتفع التركيز «ضغط اسموزي مرتفع» فسيتدفق الماء خارج الخلية وينكمش الغشاء بعيداً عن الجدار الخلوي مما يثبط النشاط الأيضي ويتلف الخلية.

معظم البكتيريا تنمو جيداً على تركيزات منخفضة من ملح الطعام أي عند ضغوط إسموزية منخفضة أو متوسطة. وفي البيئات ذات الضغط الأسموزي المرتفع يتوقف النمو نتيجة لحدوث تجفيف لبروتوبلازم الخلايا نتيجة لخروج الماء منها بدرجة كبيرة حيث ينكمش البروتوبلازم بداخل الخلية مبتعدا عن الجدار الخلوي. والتركيز الملحي المعوق للنمو يختلف باختلاف نوع الملح المستعمل وكذلك على الكائن البكتيري حيث تختلف البكتيريا في قدرة تحملها للملوحة الزائدة من الأملاح المختلفة.

تتكيـف بعض الكائنات الدقيقة مع البيئات القاسـية مفرطـة التركيز. الأحياء المحبة للتراكيز العالية «محبة للملوحة» halophiles تحتاج لوجود كلوريد الصوديوم بتركيز أعلى من 0.2 مول أو تراكيز مرتفعة من سـكر القصـب. والبكتيريا المحبة للملوحة هذه تتمثل في أعداد قليلة من الأنواع البكتيرية ويمكن عزلها من الأسماك المملحـة وغيرها من المواد ذات التركيـز المرتفع من ملح الطعام، ويمكن تنميتها في بيئات صناعية تحتوي على تركيز يتراوح بين 10- 15% من كلوريد الصوديوم.

قـد ترجع قدرة هذه البكتيريا للنمو في البيئـات المرتفعة الملوحة إلى قدرتها على المحافظة على مسـتويات عالية من المواد المذابة المتناغمة الغير عضـوية مثـل كلوريد البوتاسـيوم في السـيتوبلازم. أو بزيادة التركيز الأسـموزي الداخلي مع المواد المذابة المتناغمة العضـوية مثل الأحماض الأمينية. وقد تتوقف قدرة البكتيريـا على تحمل الملوحة على ما تنتجه من طاقة داخل خلاياها مما يمنع من دخول الأملاح إليها. فدرجة انتشار الأملاح داخل الخلايا تتوقف على كمية الطاقة التي تستهلك في منطقة الغشاء السيتوبلازمي.

جدول 5: استجابة الكائنات الحية الدقيقة للعوامل البيئية.

المصطلح الوصفي للعامل البيئي	وصف الاستجابة	أمثلة من الكائنات الحية الدقيقة
المادة المذابة والنشاط المائي «الضغط الأسموزي»		
قادرة على التعامل مع التركيزات المرتفعة	قادرة على النمو في نطاقات واسعة من الضغط الأسموزي المرتفع	*Staphylococcus aureus* *Saccharomyces rouxii*
أليف للملوحة	تنمو عند تركيزات مرتفعة من كلوريد الصوديوم تزيد عادة عن 0.2 مول	*Halobacterium,* *Dunaliella* *Ectothiorhodospira*
الرقم الهيدروجيني pH		
محب للحموضة	النمو الأمثل عند pH 0.0–5.5	*Sulfolobus , Picrophilus* *Ferroplasma*
محب للقلوية	النمو الأمثل عند pH 5.5–8.0	*Echerichia , Eueglena* *Paramecium*
أليف للقلوية	النمو الأمثل عند pH 8.0–11.0	*Bacillus alcalophilus* *Natronobacterium*
درجة الحرارة		
محب للبرودة إجباري	النمو عند درجة حرارة صفر مئوية، ودرجة الحرارة المثلى للنمو عند 15 درجة مئوية أو أقل	*Bacillus psychrophilus* *Chlamydomonas nivalis*
محب للبرودة اختياري	إمكانية النمو عند درجة حرارة 0 – 7 درجة مئوية، وتتراوح درجة الحرارة المثلى للنمو بين 20 – 30 درجة مئوية بحد أقصى 35 درجة مئوية	*Listeria monocytogenes* *Pseudomonas* *fluorescens*
محب للحرارة المعتدلة	يتراوح النمو الأمثل بين 20 – 45 درجة مئوية	*Echerichia coli* *Trichomonas vaginalis*
محب للحرارة المرتفعة	إمكانية النمو عند درجة حرارة 55 درجة مئوية أو أعلى، وعادة تتراوح درجة الحرارة المثلى بين 55 – 65 درجة مئوية	*Geobacillus* *stearothermophilus* *Chaetomium thermophile*
محب للحرارة مفرطة الارتفاع	يتراوح النمو الأمثل بين 85 – 113 درجة مئوية تقريباً	*Sulfolobus , Pyrococcus* *Pyrodictium*

المصطلح الوصفي للعامل البيئي	وصف الاستجابة	أمثلة من الكائنات الحية الدقيقة
الأكسجين		
هوائي مجبر	لا تنمو إلا في وجود الأكسجين	معظم الكائنات وحيدة الخلية والفطريات *Micrococcus luteus*
لاهوائي مخير	لا تحتاج الأكسجين لتنمو، لكنها تنمو أفضل في وجوده	*Echerichia Saccharomyces cerevisiae*
لاهوائى متحمل للهواء	تساوى النمو في وجود الأكسجين أو غيابه	*Streptococcus pyogenes*
لاهوائى مجبر	عدم تحمل الأكسجين وموت الخلايا في وجوده	*Clostridum , Bacteroides Methanobacterium*
محب للهواء القليل	تنمو عند مستويات من الأكسجين 2–10%، وتتعرض للتلف في مستويات الأكسجين في الجو 20%	*Campylobacter Spirillum volutans*
الضغط		
محب للضغط (أليف للضغط)	تزداد سرعة النمو في قيم ضغط السائل المرتفعة	*Photobacterium profundum Shewanella benthica*

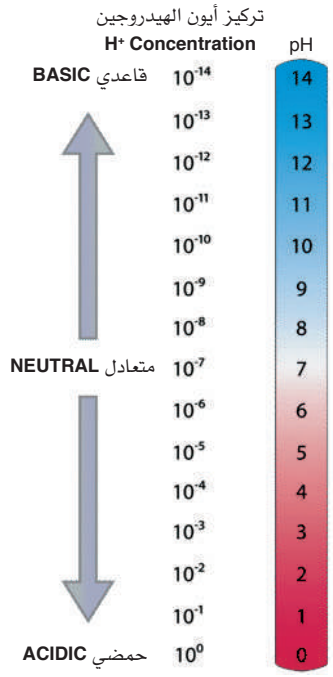
الرقم الهيدروجيني pH

الرقم الهيدروجيني هو القيمة الرياضية التي يتم احتسابها من خلال معادلة لوغاريتمية وهي المقياس على حمضية المحاليل أو قاعديتها، والمعادلة تقوم باحتساب القيمة السالبة للوغاريتم تركيز أيون الهيدرونيوم H_3O^+ كما في المعادلة أدناه:

$$pH= -\log [H_3O^+]$$

والقيمة التي في المربع تعني تركيز أيون الهيدرونيوم ووحدة قياسها هي المول/ لتر والمول وحدة قياس كمية المادة. وأيون الهيدرونيوم $[^+H_3O]$ هو صورة مستقرة لأيون الهيدروجين $[H^+]$ بعد اتحاده مع جزيء من الماء. والتسلسل الهيدروجيني أو الرقم الهيدروجيني يبدأ من الرقم صفر وينتهي بالرقم 14. وفي الوسط المتعادل يصل تركيز أيون الهيدرونيوم أو أيون الهيدروجين إلى 10^{-7} لذلك نجد أن سالب

لوغاريتم هذه القيمة أو ما يعرف بالرقم الهيدروجيني يساوي 7، والقيمة التي تقل عن الرقم الهيدروجيني 7 وحتى تصل إلى الصفر هي مدلول القيمة الحمضية للمادة، فكلما قلت قيمة الرقم كانت نسبة الحموضة أكبر ووصفت المادة عندها بأنها مادة حمضية، وكلما زادت عن الرقم 7 وباتجاه الرقم 14 كانت المادة قاعدية (شكل 21).



شكل 21: يمثل مقياس الرقم الهيدروجيني pH.

معظم الكائنات الدقيقة تنمو في أوساط ذات درجة تركيز مثلى لأيون الهيدروجين تقترب من المتعادل أو قليل القاعدية ولكن بعضها ينمو في أوساط قاعدية وبعضها في أوساط حمضية.

ومما هو جدير بالذكر أن الميكروبات نتيجة قيامها بالأيض الغذائي تعمل على تغيير الرقم الهيدروجيني للوسط، مثل البكتيريا المنتجة للحمض والفطريات التي تزيد من تركيز أيون الهيدروجين في الوسط أي تحول الوسط إلى وسط حمضي وبعض الميكروبات التعفنية تعمل على خفض تركيز أيون الهيدروجين

وبالتالي زيادة الرقم الهيدروجيني فتحول الوسـط إلى وسـط قاعدي. ويعد تركيز أيـون الهيدروجين من أهم المؤثرات على النمو البكتيري بعد تأثير درجة الحرارة. ويلاحـظ أن تركيـز أيون الهيدروجين قد يتأثر ببعض العوامل مثل درجة الحرارة وتركيب البيئة والضغط الأسموزي.

درجات الحرارة

من المعروف أن خلايا البكتيريا لا يمكنها النمو على درجات حرارة تزيد أو تقل عن تلك السائدة في بيئاتها الطبيعية. وتتلخص دراسة تأثير الحرارة على البكتيريا في معرفة قدرتها على النمو بقوة أو ببطء أو توقفها عن النمو على درجات الحرارة المختلفة (المرتفعة والمنخفضة)، كما تشمل أيضا دراسة قدرة الخلايا على تحمل الدرجات القصوى والدنيا من الحرارة عندما تتعرض لها لفترات قصيرة.

إن النطاق الحراري الذي يسمح لنمو البكتيريا بصفة عامة يتراوح بين صفر إلى 75 درجة مئوية. هذا ولكل نوع بكتيري- وأحيانا لكل سلالة - نطاق حراري يقع في حدود الدرجة الدنيا والدرجة القصـوى وتقع بينهما درجة الحرارة المثالية لنموه. ودرجـة الحرارة المثالية هي درجة الحرارة التي تسـمح بحدوث أسـرع نمو خلال فترة حضانة قصيرة نسبيا تتراوح بين 12- 24 ساعة، إلا أنه من الممكن الحصول علـى عدد كلى أكبر من الخلايا البكتيرية عندما يحتفظ بالمزرعة البكتيرية لفترة حضـانة طويلة على درجة من الحرارة تقل عن الدرجة المثالية. ويجب أن نعلم أن الدرجة الحرارة المثلى للنمو ليس من الضروري أن تكون هي نفس الدرجة المثلى للنشاط الخلوي الأنزيمي.

فكل نوع بكتيري ينمو على درجة مثالية من الحرارة تقع في مجال حراري معين، وعلـى أسـاس المجال الحـراري الخاص والذي فـي نطاقه تنمـو البكتيريا، أمكن تقسيم البكتيريا إلى ما يلي:

1 - **بكتيريـا محبـة للحـرارة المنخفضة psychrophiles** وهـي التي يجود نموها على درجات الحرارة المخفضة وهي تقسم إلى مجموعتين إحداهما إجباريـة Obligate psychrophiles وهي التي تموت عند حرارة 20 درجة

مئويــة والمجموعة الأخرى اختيارية Facultative psychrophiles فيمكنها النمــو فــي درجات حرارة من 5 إلى 7 درجة مئوية وتتراوح درجتي الحرارة المثلى والقصوى للنمو من 20 إلى 30 درجة مئوية بحد أقصى 35م°.

2- **بكتيريــا محبة للحــرارة المتوسطــة mesophiles** وتقع درجــة حرارتها المثالية للنمو بين 20- 45 درجة مئوية.

3- **بكتيريــا محبــة للحرارة المرتفعــة thermophiles** وتقــع درجة حرارتها المثاليــة بين درجتي 55- 75 درجــة مئوية وقد يمتد مجال بعض البكتيريا المحبــة للحــرارة المرتفعــة إلى مجــال البكتيريا الميزوفيليــة وتعرف هذه الأنــواع بالمحبة للحرارة المرتفعة اختيــاراً Facultative thermophiles أو eurithermophiles والبعــض الآخر مــن البكتيريا الثيرموفيلية يكون نموها على أشده على درجة 60 درجة مئوية ولا تنمو على درجات الحرارة الواقعة فــي مجال البكتيريــا الميزوفيلية. وهذه الأنواع بالبكتيريــا المحبة للحرارة المرتفعــة حقيقــة true thermophiles أو stonothermophiles وأحيانــاً يطلق على الخلايا البكتيرية التي تقاوم الحرارة وهي في حالتها الخضــرية اســم البكتيريا المتحملة للحرارة thermoduric، بالرغم من عدم وجود حد فصــل (في درجة الحــرارة أو وقت التعرض لها) بين البكتيريا الحساســة والمتحملة للحرارة.

تركيز الأكسجين

الأكسجين غاز مهم جداً لجميع الكائنات الحية. يتواجد الأكسجين في الغلاف الجــوي، وترتبط أهميته لنمو الكائن الحي مع العمليات التي يســتخدمها في إنتاج الطاقــة. قــد تحتــاج أو لا تحتاج الكائنات الحيــة الدقيقة وبخاصــة البكتيريا إلى الأكسجين لمواصلة حياتها ونموها، ويمكن تمييز خمس مجاميع من هذه الكائنات تبعاً لمتطلباتها من الأكسجين:

ا- **بكتيريــا هوائيــة إجباريــة Strict aerobes** وهي التي تنمــو وتتكاثر فقط فــي وجــود الأكســجين ويمتنع نموها فــي غيابه مثــل البكتيريــا *Bacillus*

thermoliquifaciens و*Pseudomonas delphini* والأنواع غير الممرضة من البكتيريا *Micrococci* و*Mycobacteria*.

2- **بكتيريا غير هوائية إجبارية Strict anaerobes** وهي تنمو وتتكاثر فقط في غياب الأكسجين وتموت هذه البكتيريا إذا ما سمح للهواء بالتطرق إلى مزارعها. وتشمل هذه المجموعة البكتيريا المتجرثمة التابعة لجنس *Clostridium* مثل *Clostridium acetobutylicum*. وبعض البكتيريا العصوية غير المتجرثمة التابعة لجنس *Bacteriodes* والتي لازال يعرف عنها القليل.

3. **بكتيريا متحملة كميات ضئيلة جداً من الأكسجين.** بعض البكتيريا التابعة لجنس *Clostridium* يمكنها أن تتحمل الضغوط المنخفضة من الأكسجين لا يزيد عن 20 مليجرام/ لتر لذلك فلا يمكن اعتبار هذه البكتيريا غير هوائية بالمعنى الصحيح ولكنها تعرف بالبكتيريا المتحملة لظروف التهوية aerotolerant.

4- **بكتيريا حمض اللاكتيك** والتي تمثل مجموعة وسطية حيث أنها تنمو بدرجة أفضل في وجود كميات ضئيلة من الأكسجين، وتعرف أفراد هذه المجموعة بأنها Microaerophilic مثل البكتيريا *Lactobacillus plantarum* وبعض أنواع جنس *Corynebacterium*

5 – **بكتيريا اختيارية facultative** وهي التي تنمو وتتكاثر تحت كلا الظروف الهوائية وغير الهوائية، مثل البكتيريا *Erwinia carotovora* *Strptococcus cremoris*.

الأهمية الاقتصادية للبكتيريا الحقيقية Importance of Eubacteria

أولاً: البكتريا النافعة

1- العقد البكتيرية على جذور البقوليات مثل نبات الفول والبرسيم:تمد النباتات بالمركبات النيتروجينية التي يصعب على النبات امتصاصها من التربة – وهذه المركبات يستخدمها النبات في تكوين المواد البروتينية.

2- تدخل البكتيريا في العديد من الصناعات الهامة مثل:

أ- صناعة اللبن الزبادي

استخدمت البكتيريا اللاكتوباسيلاس *Lactobacillus* عبر مئات السنين في صناعة الجبن، والزبادي، ومنتجات الألبان الأخرى.

ويصنع اللبن الزبادي على النحو التالي:

- تضاف بكتيريا الزبادي إلى لبن دافئ بنسبة 3:2 % من وزن اللبن.
- يقلب ويحفظ في مكان دافئ (36 درجة مئوية) لمدة (5-4) ساعات.
- يتخثر اللبن بفعل بكتيريا حمض اللاكتيك.
- يحفظ في الثلاجة لإيقاف نشاط البكتيريا حتى لا يزيد تركيز حمض اللاكتيك ويصبح طعم الزبادي لاذعاً.

ب- صناعة الخل

- تخلط بكتيريا الخل مع الكحول المخفف بالماء (تركيز 10%) في خزانات
- تقوم البكتيريا بتحويل الكحول إلى الخل (خلال 2-3 أيام)
- يسخن الخل ويبرد فجائيًا لقتل البكتيريا (تسمى هذه العملية بالبسترة)

ج- تعطين الكتان

- يجمع نبات الكتان على شكل حزم ويغمر في مياه راكدة لمدة أسبوعين
- تعمل البكتيريا على تحلل المادة الغروية الموجودة بين ألياف الكتان مما يؤدي إلى انفصال الألياف عن بعضها.

د- صناعات أخرى

- مثل صناعة السماد العضوي، ودباغة الجلود، وتحضير الأمصال.
- تنمى أنواع من البكتيريا في أجهزة التخمير Fermentors لإنتاج الفيتامينات والأحماض الأمينية، والتي تباع بمفردها أو تستخدم كمواد مضافة في إنتاج الطعام Food additives.

- تنتج أنواع من البكتيريا مضادات حيوية تستخدم في مجال الطب مثل الستربتومايسين والذي يتم إنتاجه بواسطة بكتيريا التربة من جنس الستربتومايسيس *Streptomyces*.
- تستخدم البكتيريا كذلك في التحكم الحيوي لمقاومة العديد من الأفات الضارة بما في ذلك الحشائش الضارة.
- تستخدم البكتيريا كوسيلة حيوية في التخلص من النفايات والملوثات Bioremediation فتستخدم في معالجة تلوث المسطحات المائية ببقع الزيت النفطية oil spills، وفي معالجة التربة الملوثة بالمبيدات الحشرية والمواد السامة الأخرى.

ثانياً: البكتيريا الضارة

تم التعرف على حوالي 100 نوع من البكتيريا الضارة التي تسبب أمراضاً للنبات. ويشمل ذلك الأمراض البكتيرية للتفاح والبطاطس والطماطم والكوسة والبطيخ والجزر والقطن.

تسبب البكتيريا الضارة خسائر فادحة في المحاصيل بعد حصادها والأغذية بعد تصنيعها. كذلك تسبب البكتيريا الممرضة أمراضاً خطيرة للحيوانات وللإنسان.

من الأمراض التي تسببها البكتيريا للإنسان:

الجمرة الخبيثة (الأنثراكس) Anthrax

يسبب هذا المرض بكتيريا عصوية تسمى *Bacillus anthracis* والتي تستطيع أن تكون جراثيم داخلية endospores. ويؤثر هذا المرض على الجلد، والجهاز التنفسي، والجهاز الهضمي تبعاً لنوع الإصابة.

الديفتيريا Diphtheria

مرض الديفتيريا من الأمراض الخطيرة المعدية التي تصيب الأطفال بشكل رئيسي. يسبب هذا المرض نوع من البكتيريا العصوية اكتشفت في 1883 تسمى *Corynebacterium diphtheria*

الإلتهاب الرئوي Peneumonia

عبارة عن التهاب في الرئتين أو واحدة منهما. يسبب هذا المرض غالباً نوع من البكتيريا الكروية تسمى *Streptococcus pneumoniae*

السل (TB) Tuberculosis

مرض حاد مزمن تسببه بكتيريا ميكوباكتيريوم تيوبركيولوسيس *Mycobacterium tuberculosis* وهي من البكتيريا العصوية التي تهاجم الرئتين.

حمى التيفود Typhoid fever

مرض حاد معدي تسببه بكتيريا التيفود العصوية تسمى سالمونيلا تايفي *Salmonella typhi*.

طرق الإصابة بالأمراض البكتيرية

- الهواء.
- الطعام والشراب الملوث.
- التعرض المباشر .
- الجروح.
- لدغات الحشرات والحيوانات الأخرى.

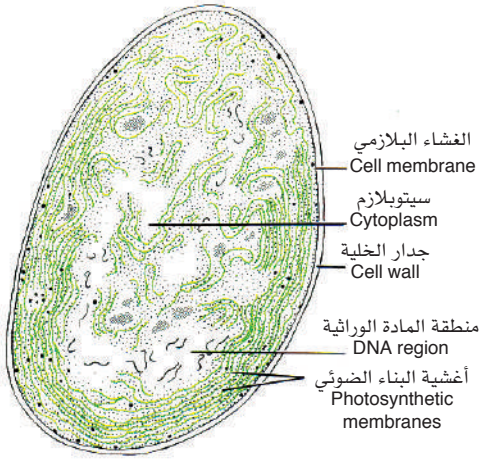
(2) شعبة البكتيريا الخضراء المزرقة Division: Cyanobacteria

تعتبر البكتيريا الخضراء المزرقة أقدم الكائنات ذاتية التغذية التي استطاعت أن تتواجد في التربة أو على الصخور الرطبة، ويقدر عمر حفرياتها إلى ما يقرب من 3000 مليون سنة. كانت تصنف في الماضي ضمن الطحالب وسميت بالطحالب الخضراء المزرقة لاحتوائها على صبغة زرقاء وصبغة كلوروفيل أ الخضراء (Chlorophyll A)، لذا لها القدرة على القيام بالبناء الضوئي. ولكن نظراً لأن خلاياها تتبع بدائية الأنوية فقد تم تصنيفها حديثاً تحت مملكة البكتيريا الحقيقية وسميت بالبكتيريا الخضراء المزرقة (Cyanobacteria). تحتوي البكتيريا الخضراء المزرقة غالباً على غمد هلامي لزج حول خلاياها.

التركيب الخلوي للبكتيريا الخضراء المزرقة Cellular Structure of Cyanobacteria

البكتيريا الخضراء المزرقة بدائية النواة prokaryotic حيث تنتشر المادة النووية (الكروموسوم الحلقي DNA) في السيتوبلازم بدون غشاء نووي كما تفتقر لوجود البلاستيدات، والميتوكوندريا، وأجسام جولجى، والأسواط. بعض أنواعها يستطيع الحركة بواسطة الانزلاق. تنقسم خلاياها انقساماً ثنائياً بسيطاً يعرف بالانشطار الثنائي مثلها في ذلك مثل البكتيريا. هذه الصفات وغيرها تعتبر من أسباب تسميتها بالبكتيريا الخضراء المزرقة.

تحتوي خلاياها على كلوروفيل أ (Chlorophyll A) إضافة إلى العديد من الأصباغ أهمها أصباغ الفيكوبلينات (Phycobiline) ممثلةً في الفيكوسيانين الأزرق (Phycocyanin) وهو الصبغ السائد، وفيكوإريثرين الأحمر (Phycoerythrin)، وهذه الأصباغ لها القدرة على القيام بالبناء الضوئي. توجد هذه الصبغيات في أغشية بلازمية خاصة تعرف بالثيلاكويد Thylakoids (شكل 22).



شكل 22: خلية بكتيريا خضراء مزرقة توضح الأغشية البلازمية المحتوية على أصباغ الكلوروفيل والمسؤولة عن البناء الضوئي.

تتفاوت ألوان البكتيريا الخضراء المزرقة نتيجة لسيادة أحد تلك الأصباغ. ويعتقد بأن البحر الأحمر سمى بهذا الاسم نتيجة لزيادة تواجد البكتيريا الخضراء المزرقة في بعض الفترات محتوية على كميات كبيرة من صبغ الفيكوإريثرين الأحمر.

أما أنواع البكتيريا الأخرى التي تقوم بالبناء الضوئي فتحتوي على كلوروفيل بسيط التركيب يعرف بالكلوروفيل البكتيري (Bacterial chlorophyll) بالإضافة لاستخدامها مصدراً آخر للهيدروجين غير الماء في عملية التمثيل الضوئي وبالتالي لا يصاحبها خروج الأكسجين.

جدار الخلية Cell Wall

يتشابه تركيب الجدار الخلوي للبكتيريا الخضراء المزرقة غالباً مع الجدار الخلوي لبعض أنواع البكتيريا الموجبة الجرام، حيث يتكون من الببتيدوجليكان. يحاط الجدار الخلوي مباشرةً بغلاف لزج mucilaginous sheath يعرف بالغمد الجيلاتيني.

الغمد والحركة Sheath and Motility

الغمد في البكتيريا الخضـراء المزرقة لزجا ولكن أحياناً يكون شـفافاً ورقيقاً جـداً (delicate sheath) ملحوظاً بدون الحاجة لصـبغة، وقـد يكون مغلفاً أحياناً لكل خلية كروية مفردة كما في طحلب كروكوكس *Chroococcus*، أو اسطواني كما في بعض الأنواع مثل أوسـيلاتوريا *Oscillatoria*. ويكون غالباً عديم اللون لامع أو مصفر أو مائل للون البني أحياناً.

يساعد هذا الغمد الهلامي أو الجيلاتيني المُكون من سكريات عديدة مخاطية (mucopolysaccharides) وأحماض بكتينية (pectic acid) على امتصـاص قدر كبيـر من المـاء لحماية خلايـا البكتيريا الخضـراء المزرقة ويجعلها قـادرةً على مقاومـة الجفاف والتفاوت الكبيـر والمفاجئ في درجات الحـرارة والملوحة. كما يسـاعد الغمـد الجيلاتيي اللـزج البعض القليل مـن البكتيريا الخضـراء المزرقة خاصـةً الخيطية منها في عملية الحركة عند ملامسة القاع أو الأوساط المُتصلبة مـن خـلال الانـزلاق Gliding movement ولا يعـرف ديناميكية هـذه الحركة أو تفسـيرها على وجه الدقة حتى الآن رغم وضـوحها في بعض أنواع الأوسـيلاتوريا *Oscillatoria* "حركـة بندولية زاحفة" ورغم رصـدها وتحديد سـرعة بعض أنواع الأنابينا *Anabaena* بدقة أثناء حركتها.

التواجد Occurrence

تعيش معظم البكتيريا الخضـراء المزرقة (حوالي 2000 نوع تنتمي إلى 150 جنس) في البيئـات المائية حيث توجد فـي البرك والمسـتنقعات والمياه العذبة والمالحـة. كمـا تعيش بعض الأنـواع في التربة أو على الصـخور الرطبة ولكنها لا تتواجد في المياه الحامضـية، ويكثر تواجدها في المياه البحرية Marin Water . وتنتشر في معظم المناطق الجغرافية سواء كانت مناطق استوائية أو قطبية وحتى على قمم الجبال وفي الصحاري.

وتستطيع بعض أنواعها التكيف في البيئات ذات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة، فعلى سـبيل المثال يعيش بعضها في الينابيع الحارة التي تصل درجة الحرارة فيها

إلى 80 درجة مئوية. بينما يعيش البعض في المناطق المتجمدة.

غالباً ما تتواجد البكتيريا الخضراء المزرقة في الأوساط المائية في صورة حرة. بعض أنواع البكتيريا الخضراء المزرقة تعيش معيشة تكافلية مع بعض الفطريات مكونة ما يعرف بالأشنات Lichens، أو مع بعض النباتات، أو مع بعض البروتوزوا، أو مع بعض الدياتومات.

التغذية Nutrition والمواد الغذائية المدخرة Reserve food materials

أغلب البكتيريا الخضراء المزرقة ذاتية التغذية (Autotrophic) حيث تقوم بتصنيع غذاءها بنفسها من خلال قيامها بالبناء الضوئي، وذلك لاحتوائها على صبغ الكلوروفيل أ إضافة إلى الأصباغ الأخرى منتجة الكربوهيدرات والأكسجين كمنتج ثانوى. بعض الأنواع من البكتيريا الخضراء المزرقة تقوم أيضاً بتثبيت النيتروجين الجوي من خلال خلايا خاصة تعرف بالحويصلات المغايرة Heterocysts. وعلى هذا تعد البكتيريا الخضراء المزرقة الكائنات الوحيدة التي تستطيع إنتاج الأكسجين وتثبيت النيتروجين.

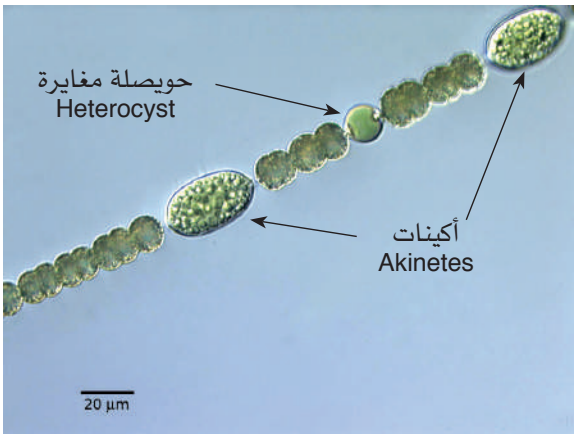
المواد الغذائية المخزنة عبارة عن نشا خاص بالبكتيريا الخضراء المزرقة يعرف بالجليكوجين Glycogen، بالإضافة إلى مواد بروتينية. وفي بعض الأحيان تُكون قطيرات زيت وليبيدات إضافةً إلى حبيبات من عديد الفوسفات Polyphosphate granules. وتكثر المواد المختزنة في الخلايا التكاثرية ثم تختفي تدريجياً أثناء عمليات النمو.

التكاثر Reproduction

تتكون الخلايا الجديدة عن طريق الانشطار الثنائي، بينما تتكون المستعمرات الجديدة من خلال تفتت أو تجزء المستعمرات القديمة.

في الأجناس الشائعة مثل النوستوك *Nostoc* والأنابينا *Anabaena* والتي تكون سلاسل من الخلايا تتم التجزئة غالباً عند مواضع الحويصلات المغايرة Heterocysts وهي خلايا أكبر حجماً تتخلل سلسلة الخلايا عند مناطق متعاقبة (شكل 23). وتعتبر الحويصلات المغايرة مواقع تثبيت النيتروجين الجوي.

تنتج أفراد هذين الجنسين نوعاً آخر من الخلايا سميكة الجدر تعرف بالأكينات Akinetes والتي تستطيع مقاومة الظروف السيئة مثل درجات البرودة الشديدة والجفاف (شكل 23). فإذا ما تحسنت الظروف تستطيع هذه الخلايا أن تنبت من جديد مكونة سلاسل خيطية ومستعمرات جديدة.



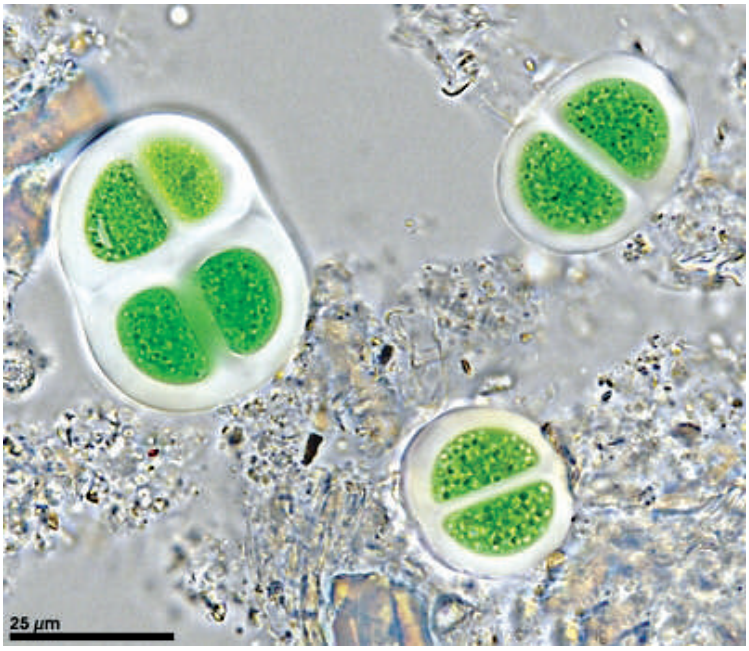
شكل 23: أنابينا *Anabaena sp*. – سلسلة من الخلايا يتخللها حويصلة مغايرة Heterocyst، واثنين من الأكينات Akinetes.

أشكال البكتيريا الخضراء المزرقة Forms of Cyanobacteria

تتواجد خلايا البكتيريا الخضراء المزرقة محاطة بغمد جيلاتيني في عدة أشكال كما يلي:

(1) وحيدة الخلايا، تتواجد في صورة خلايا مفردة أو ثنائية أو رباعية

مثل جنس الكروكوكس *Chroococcus* . وفي الخلايا الرباعية يلاحظ إحاطتها بغمد جيلاتيني عام أو ما يعرف بـ Gelatinous matrix. يتواجد الكروكوكس في البرك وفي المياه الراكدة. ويتراوح حجم الخلية بين 1 – 10 ميكرون. يتكون السيتوبلازم من منطقتين (منطقة مركزية عديمة اللون ومنطقة محيطية ملونة). تحاط خلايا الكروكوكس بغلاف هلامي رقيق (شكل 24).



شكل 24: الكروكوكس *Chroococcus*.
(Photo by Wolfgang Bettighofer, 2007)

(2) سلاسل متجمعة

غالباً ما تعيش البكتيريا الخضراء المزرقة في تجمعات على صورة سلاسل مثل النوستك *Nostoc* (شكل 25)، والأنابينا *Anabaena* (شكل 26).

من صفات النوستوك انها أرضية اكثر منها مائية وتوجد في الأراضي القلوية وعلى الصخور المبللة بالماء. تكون على شكل سلاسل تلتف معاً داخل غمد مخاطي مكونة ما يعرف بالكرة الجيلاتينية Gelatinous ball. تحتوي سلاسل النوستك والأنابينا على حويصلات مغايرة إما قمية أو بينية وهي مهمة في عملية تثبيت النتروجين، وتختلف عن الخلايا الخضرية بأنها باهتة اللون لأن محتوياتها عديمة اللون وتكون مستديرة الشكل ولها جدر سميكة وأكبر في الحجم وتوجد بها عقدتين عند الطرفين. كذلك تتخلل هذه السلاسل خلايا تسمي أكينات Akinetes.

الأكينات أكبر في الحجم من الخلية الخضــرية، تنشــأ نتيجــة الظروف البيئية الغير ملائمة تخزن بداخلها مواد غذائية تستطيع استخدامها للإنبات عند تحسن الظــروف لذلك تكون أكبر في الحجم وتحيط نفســها بجدار ســميك لتحميها من الظروف الخارجية. وتعتبر الأكينات أو الجراثيم الكامنة وسيلة من وسائل التكاثر.

تتميز خلايا الأنابينا *Anabaena* بأنها اســطوانية بالمقارنة بخلايا النوســتك الدائرية.

شكل 25: نوستك *Nostoc*

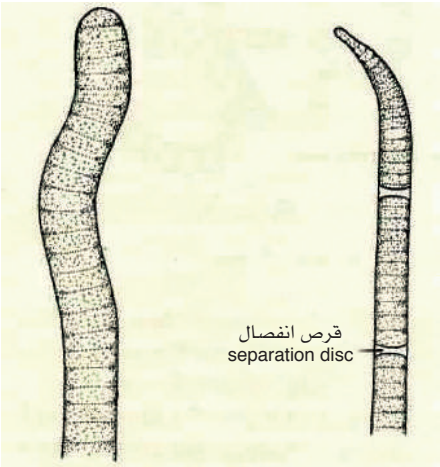
شكل 26: أنابينا ***Anabaena***.

(3) خيوط شبيهة بالشعر

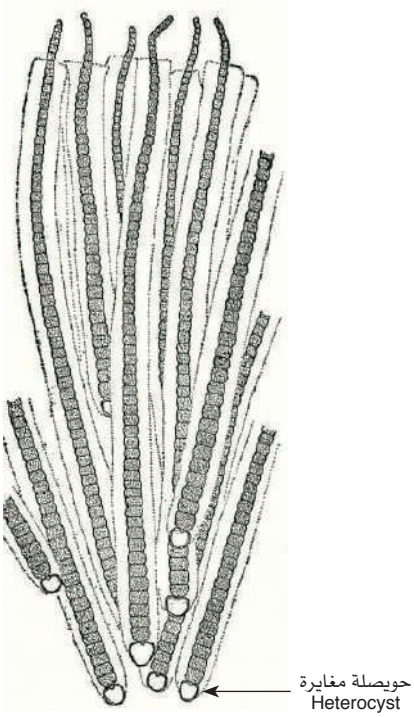
مثل الأوسـيلاتوريا *Oscillatoria* (شكل 27A)، والريفيولاريا *Rivularia* (شكل 27B)، وقد تتفرع احياناً.

تعيش هـذه الأنواع على سـطح التربة الرطبـة وعلى الصـخور المبللة بالماء. تفتقد الأوسـيلاتوريا إلى الحويصلات المغايرة، في حين تحتوي الريفيولاريا على حويصلات مغايرة قاعدية أي عند ارتباط الخيط بالتربة أو الصخر المبلل.

تتكاثـر هذه الخيـوط بالتجزئة. في الأوسـيلاتوريا تحـدث التجزئة من خلال تكوين مسـاحات فاصلة بين الخلايا تعرف كل منها بقرص الانفصال separation zone تقسـم الخيوط إلى عدد من الأجزاء يعـرف كل جزء بالهرموجونيا ويحتوي على عدد من الخلايا الخضرية محصورة بين قرصين من أقراص الانفصال.



(A) الأوسيلاتوريا ***Oscillatoria***



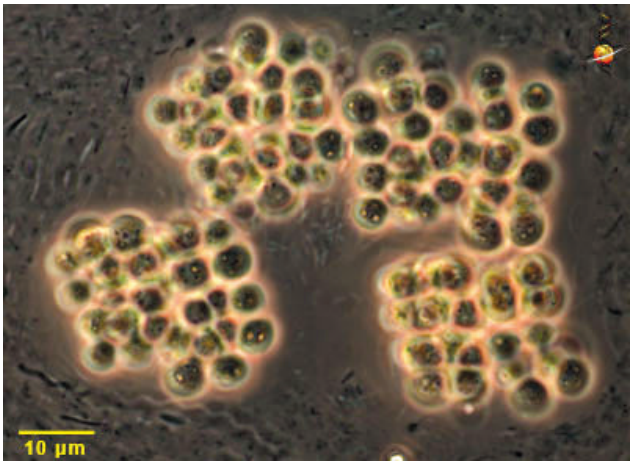
(B) الريفيولاريا ***Rivularia*** .

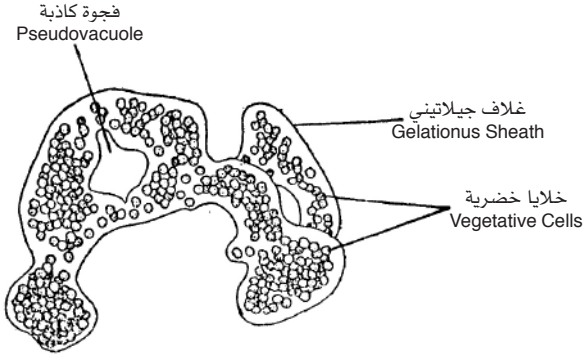
شكل 27: بكتيريا خضراء مزرقة خيطية.

(4) بعض الأنواع تتواجد في صورة مستعمرات

(أ) مستعمرات غير منتظمة مثل الميكروسيستيس *Microcystis* (شكل 28).

يتواجد جنس الميكروسيستيس في المياه العذبة ومن أنواعه *Microcystis aeruginosa* . يمكن لأنواع الميكروسيستيس انتاج نموات هائلة ضارة من البكتيريا الخضراء المزرقة مشكلة ما يعرف النموات الطحلبية الضارة (Harmful Algal Bloom) من الناحية البيئية والاقتصادية. تعتبر الميكروسيستيس من أكثر أنواع البكتيريا الخضراء المزرقة إفرازاً للسموم التي تؤثر على الجهاز العصبي neurotoxins والكبد hepatotoxins.

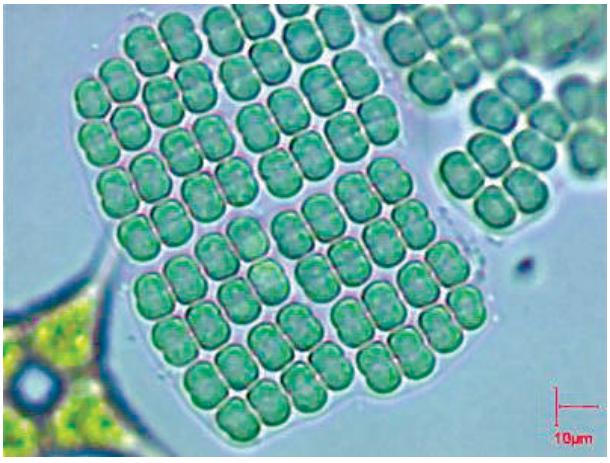




شكل 28: ميكروسيستيس *Microcystis* .

(ب) مستعمرات منتظمة

مثل الميروزموبديا *Merismopedia* (شكل 29) على هيئة صفائحية من الخلايا المتراصة المحاطة بالغمد الجيلاتيني المشترك. خلايا هذا الجنس تكون كروية إلى نصف كروية مستديرة وتتواجد داخل صفائح على هيئة رقعة خلوية تكون مسطحة أو منحنية. تتواجد مع العوالق المائية في المياه العذبة والمالحة وفي المياه الراكدة، تنقسم خلايا المريزموبديا في مستويين أو اتجاهين فقط مكونة شكل المستعمرة المميز. ويمكن أن تتكاثر المستعمرات بالتجزئة.



شكل 29: ميروزموبديا *Merismopedia* .

الأهمية الاقتصادية للبكتيريا الخضراء المزرقة

Importance of Cyanobacteria

(1) تمثل البكتيريا الخضراء المزرقة ضمن المستوى الأول من السلاسل الغذائية في البيئة البحرية. حيث تخزن الطاقة في المواد الكربوهيدراتية المنتجة من خلال البناء الضوئي. تتغذى الأسماك الصغيرة والقشريات عليها. ثم تتغذى الأسماك الأكبر على الأسماك الأصغر والقشريات وهكذا حتى تتكون السلاسل الغذائية المائية.

(2) يوجـد أكثـر من 40 نوعاً من البكتيريا الخضـراء المزرقة تسـتطيع تثبيت النيتروجين الجوي تقريباً بنفس كفاءة تثبيت النيتروجين في العقد البكتيرية المصاحبة للنباتات البقولية.

(3) في بعض البلدان مثل الصين تستخدم أنواع من البكتيريا الخضراء المزرقة تابعة لجنس النوستك في إعداد أطباق طعام جانبية.

(4) تفرز بعض هذه الكائنات مواد سـامة تسـبب أمراضاً لكثير من الحيوانات أو تسبب موتها.

(5) خـلال الأشـهر الدافئـة وبخاصـة إذا مـا تم إلقـاء مخلفات عضـوية في المسـطحات المائيـة العذبة كالبرك والبحيـرات والقنـوات والأنهار، تنمو البكتيريا الخضراء المزرقة بكميات كبيرة مكونة طبقة خضراء طافية ضارة Harmful Algal Bloom تغطى سطح البحيرة بما يشبه السجادة الخضراء. ينتج عن هذا النمو الهائل روائح كريهة ومواد سامة وبخاصة عند بداية موت هذا النمو الهائل وتحلله بواسـطة البكتيريا. يـؤدي تحلل هذه الكائنات إلى اسـتنزاف الأكسجين المذاب في الماء مما يؤدي إلى نفوق الأسماك وسائر الحيوانات المائية التي تعيش في البحيرة (شكل 30).

شكل 30: نمو هائل لأنواع من البكتيريا الخضراء المزرقة التابعة لجنس ميكروسيستيس *Microcystis* وأنابينا *Anabaena* فى أحد الأنهار.

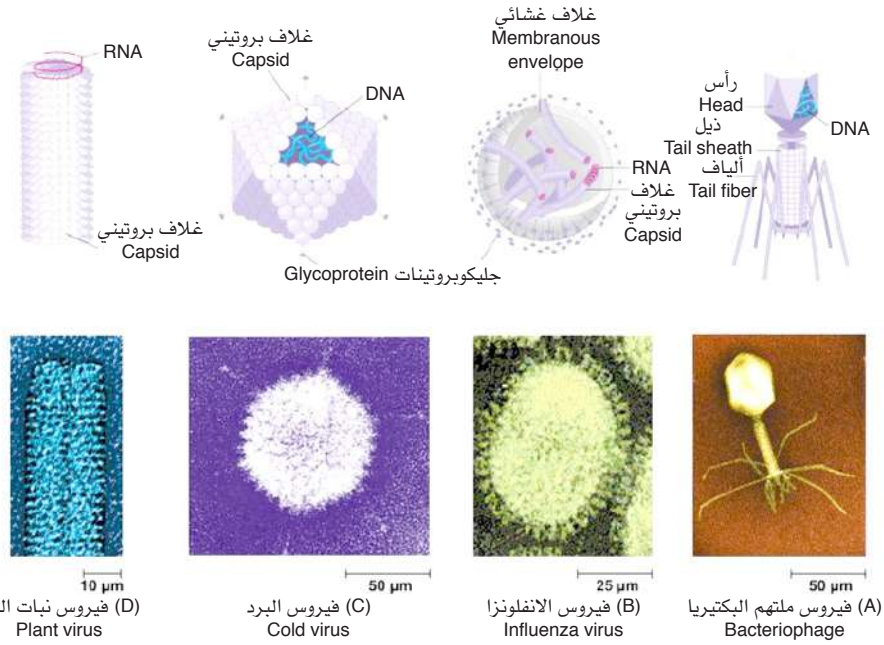
الفصل السادس

الفيروسات

Viruses

الخصائص العامة للفيروسات General Characteristics of Viruses

تعني كلمة الفيروس في الأصل اللاتيني "السم". وتعرف الفيروسات على أنها جسيمات تتكون من حمض نووي قد يكون خيط مزدوج (DNA) أو خيط مفرد (RNA)، محاط بغطاء من البروتين. ومن أنواعه فيروسات ملتهم البكتيريا Bacteriophage، وفيروسات الأنفلونزا Influenza viruses، وفيروسات أخرى تصيب الإنسان وبخاصة الجهاز التنفسي Adenoviruses، وفيروسات تصيب أوراق نبات التبغ Tobacco mosaic viruses (شكل 31).



شكل 31: أشكال الفيروسات: حامض نووى (DNA or RNA) محاط بغطاء من البروتين.

لا تستطيع الفيروسات النمو أو التكاثر إلا داخل الخلية الحية مستغلة مكوناتها. يمكن عزل الفيروسات وتنقيتها وتحويلها إلى بلورات تستمر إلى فترات زمنية غير محددة لكنها يمكن أن تحدث الإصابة للكائن الحي في أي وقت إذا ما حدث اتصال بخلايا العائل.

حجم الفيروسات

يتـراوح حجم الفيروس من 15 إلى 300 نانومتر. يعادل حجم الخلية البكتيرية الواحدة حجم حوالي 1000 من الفيروسات.

أنواع الفيروسات

تقسـم الفيروسـات تبعاً لنوع العائل، ونوع الأنسجة أو الأعضاء التي تهاجمها، ونـوع الحمض النووي وطبيعته، وتبعاً للحجم، والشـكل، وطبيعـة البروتين المكون لغطاء الفيروس.

الأمراض الفيروسية وطرق انتقالها

تهاجـم الفيروسـات كافة أنواع الكائنات بما في ذلـك الخلايا البكتيرية. تنتقل الإصابة الفيروسية من كائن لآخر بنفس طرق الانتقال الخاصة بالأمراض البكتيرية. وذلك من خلال الهواء، والأغذية والمشروبات الملوثة، والجروح، والاتصال المباشر بالشخص المصاب، ولدغات الحشرات والكائنات الحية الأخرى.

تكاثر الفيروسات Viral Reproduction

تتكاثر الفيروسات عند التصاقها بخلية العائل على النحو التالي:

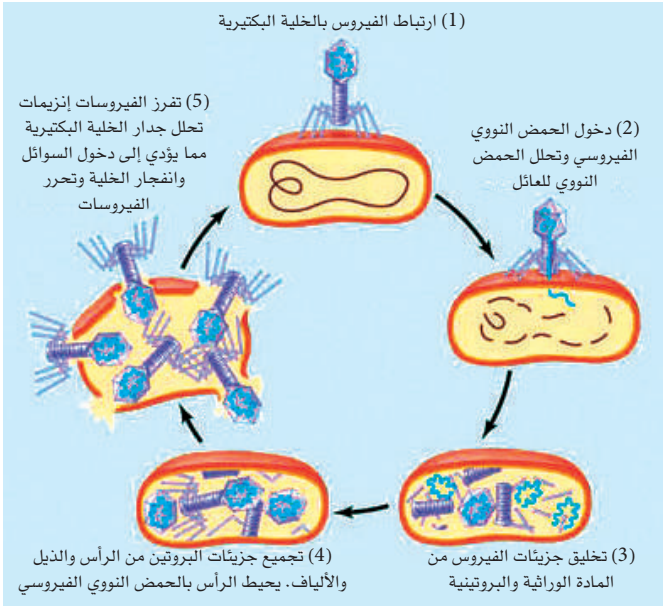
- يلتصق الفيروس بخلية العائل.
- يخترق الفيروس الخلية ويسيطر عليها من خلال الحمض النووي الفيروسي.
- يوجه الفيروس خلية العائل إلى تخليق جزيئات الفيروس من مكوناتها.
- يتم تجميع هذه الجزيئات في صورة فيروسات جديدة.
- عند موت خلية العائل تتحرر الفيروسات الجديدة لتهاجم خلايا أخرى (شكل 32).

ملتهمات البكتيريا Bacteriophages

تعـرف بعض أنواع الفيروسـات بـآكلات أو ملتهمات البكتيريا لأنهـا تهاجم الخلايا البكتيرية. وهي فيروسات تحتوي على خيط مزدوج من الحمض النووي DNA، والغلاف البروتيني مقسـم إلى راس وذيل وألياف. تتكاثر ملتهمات البكتيريا بأحد طريقتين هما الدورة المحللة أو المدمرة للعائل Lytic cycle، والدورة غير المحللة Lysogenic cycle.

دورة محللة Lytic cycle

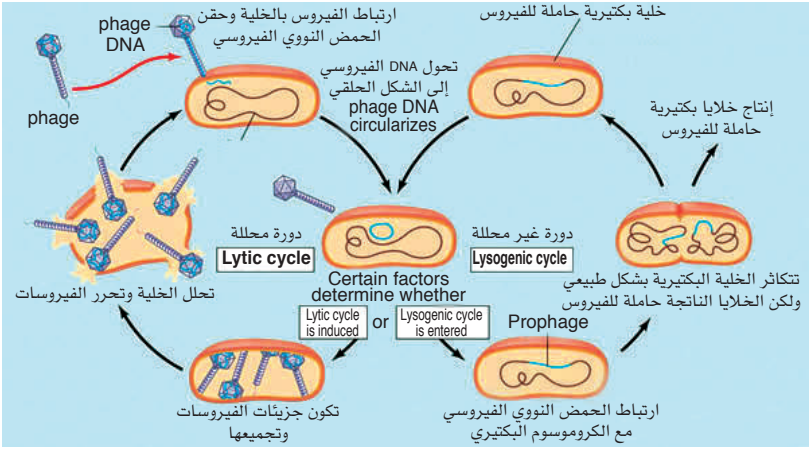
في هذا النوع من التكاثر تموت الخلية البكتيرية. ويأتي اسم الدورة من الطور النهائى في تكاثر الفيروس حيث يتحلل جدار الخلية البكتيرية، وتخرج الفيروسات التي تكونت داخل الخلية. ويستطيع كل فيروس مهاجمة خلية بكتيرية جديدة وبعد عدد قليل من الدورات تكون الفيروسات قد دمرت الخلايا البكتيرية تماماً. يسمى فيروس ملتهم البكتيريا الذي يعتمد على هذه الطريقة بالفيروس النشط أو المدمر virulent phage (شكل 32).



شكل 32: الدورة المحللة لملتهم البكتيريا Phage T4، وهو من الفيروسات النشطة virulent phage التي تتكاثر بهذه الطريقة.

دورة غير محللة Lysogenic cycle

فـي هـذا النوع من التكاثر ترتبط المادة الوراثيـة للفيروس مع المادة الوراثية للخلية البكتيرية وتتضـاعف معه أثناء انقسـام الخلية ولكن دون أن تتدمر الخلية البكتيرية. قد يحدث في وقت ما ولأسباب ما أن يتحرر الحمض النووي الفيروسي من الحمض النووي البكتيري ويبدأ التكاثر بالطريقة المحللة. يسـمى البكتريوفاج الذي يسـتطيع أن يسـتخدم الطريقتين في التكاثر بالفيروس الكامن temperate phages (شكل 33).



شكل 33: الدورة المحللة Lytic cycle وغير المحللة lysogenic cycle لملتهم البكتيريا λ phage، وهو من الفيروسات الكامنة temperate phage.

مادة الإنترفيرون Interferon

تنتـج خلايـا الحيوانـات الراقيـة المصـابة بالفيروسـات مـادة الإنترفيـرون interferon والتي تفرز في صـورة سـائلة حول الخلايا المصابة أو تفرز في الدم. يـؤدي إفراز مـادة الإنترفيرون إلى إنتـاج بروتينات تعمل على منـع أوتثبيط تكاثر الفيروس، وكذلك تعمل على تثبيط قدرة الفيروسـات على تحويل الخلايا السليمة إلى خلايا سرطانية.

الأمراض الفيروسية التي تصيب الإنسان

من أشهر الأمراض الفيروسية التي تصيب الإنسان الحصبة measles، التهاب الغـدة النكافيـة mumps، الجديري الكاذب chicken pox، شـلل الأطفال polio، الأنفلونـزا influenza. البـرد common cold. بدأت هـذه الأمراض في التناقص نظراً لشـيوع اسـتخدام اللقاحات Vaccines والأمصـال Antiserums ضـد هذه الفيروسات، وكذلك ضد مسببات الأمراض البكتيرية.

وحديثاً ظهرت أمراض فيروسية خطيرة تصيب الإنسان وتشمل:

الإيدز AIDS

الإيـدز هو مرض نقص المناعـة المكتسـبة Acquired immune deficiency syndrome ويسببه شكلين من فيروسات الإيدز هما HIV-1، وHIV-2

سارس SARS

مرض حاد يصيب الجهاز التنفسى يسببه فيروس كورونا يسمى سارس:

SARS-associated coronavirus (SARS-CoV)

واختصار كلمة سارس تشير إلى "SARS" Severe Acute Respiratory Syndrome

انفلونزا الطيور وانفلونزا الخنازير

مرض انفلونزا الطيور Bird Flu ويسببه فيروس يسمى H5N1، ومرض انفلونزا الخنازير Swine or Pig Flu ويسببه فيروس يسمى H1N1. وهي أمراض فيروسية تصيب الجهاز التنفسي.

أهمية اللقاح والمصل في القضاء على الأمراض الفيروسية

اللقاح Vaccine

هو مستحضـر بيولوجي يسـتخدم في تحضيره ميكروبات تم القضاء عليها، أو تم إضعافها، أو أجزاء من الميكروبات أو سمومها. عند إعطاء اللقاح للإنسان يتم دفع جسـم الإنسـان إلى تحضير أجسام مضـادة للميكروبات ليعطي مناعه فعاله تدوم طويلا.

ومن أمثلة هذه اللقاحات ما يلي:

1- اللقاحات التي تحضر من ميكروبات تم القضاء عليها «killed»، باستخدام المواد الكيماوية أو الحرارة، وغالبا ما تكون كائنات شرسة بالغة الخطورة مثل تلك المسببة للأنفلونزا الوبائية، وفيروس شلل الأطفال، أو الأمراض الناتجة عن مسببات بكتيرية مثل الكوليرا، والطاعون.

2 - اللقاحات التي تحضر من ميكروبات تم إضعافها ونزع مصادر قوتها «attenuated»، حيث تربى سلالات الفيروس أو البكتيريا على بنية مجهزة خصيصا لها لا تمنعها من التكاثر وإن خلت عنها أسلحتها.

ويعد هذا من أفضل أنواع اللقاحات وأكثرها دعما لأجهزة الإنسان المناعية، ومن أمثلته لقاحات للأمراض الفيروسية مثل الحصبة والغدة النكفية والحصبة الألمانية (MMR: Measles, Mumps, and Rubella)، وأيضاً لقاحات ضد الأمراض البكتيرية مثل لقاح الدرن الشهير (BCG: Bacillus Calmette–Guérin).

3- اللقاحات التي تحضر من سموم الميكروبات «toxoid» ومن أشهرها لقاح الديفتريا.

4- اللقاحات التي يتم تحضيرها من أجزاء من الميكروب «subunit» والذي يستخدم في تحضيره بعض من الميكروب وليس هو بأكمله، مثل استخدام الغطاء البروتيني الذي يضم المادة الوراثية للفيروس فقط ومن أهم أمثلته اللقاح الذي يستخدم لدعم المناعة ضد فيروس الالتهاب الكبدى B.

المصل Antiserum

هو سائل من الدم يحتوي على أجسام مضادة «Antibodies» يتم صنعها في المعامل وتعطى للإنسان كوسيلة من وسائل توفير المناعة والتحصين ضد الأمراض المختلفة. تتحد تلك الأجسام المضادة بمصدر العدوى وتقضى عليها. يستخدم المصل غالباً لإعطاء جرعة مناعية عالية سريعة التأثير لكنه في المقابل صاحب أثر وإن كان فعالاً إلا أنه قصير الأجل (لا تدوم أكثر من 3–4 أسابيع).

أما طريقة تحضـير تلك الأجسام المضـادة في المعامل فتتم بحقن الحيوانات المختلفـة مثـل الخيول والتي يماثل رد فعلها رد فعل الإنسـان إذا مـا انتقلت إليه العدوى. ثم يستخدم الدم الذي تكونت فيه الأجسام المضادة بالفعل لينتقى وتفصل مكوناته من الخلايا البيضاء والحمراء وسائل البلازما لتستبقى الأجسام المضادة والتي تمر بخطوات متعددة قبل أن تصبح صالحة للحقن في الإنسان الذي تعرض للعدوى.

من أشهر الأمصال المستخدمة المصل المضاد للتيتانوس الذي نلجأ إليه دائما عند الحوادث أو الإصابات بجروح قد نخشى أن تتلوث بجراثيم البكتيريا المسببة للتيتانوس، خاصـة إذا تعرض المصـاب للاحتكاك بالأرض والتراب. أيضا المصل الواقى من مرض السعار Rabies والذي يجب أن يتعاطاه الإنسان الذي تعرض لأن يعقره كلب خشية أن ينتقل إليه فيروس داء الكلب.

الباب الثالث
حقيقيات النواة
Eukaryotes

الفصل السابع

تصنيف حقيقيات النواة

Classification of Eukaryotes

أولاً: الخصائص العامة لحقيقيات النواة General Characteristics of Eukaryotes

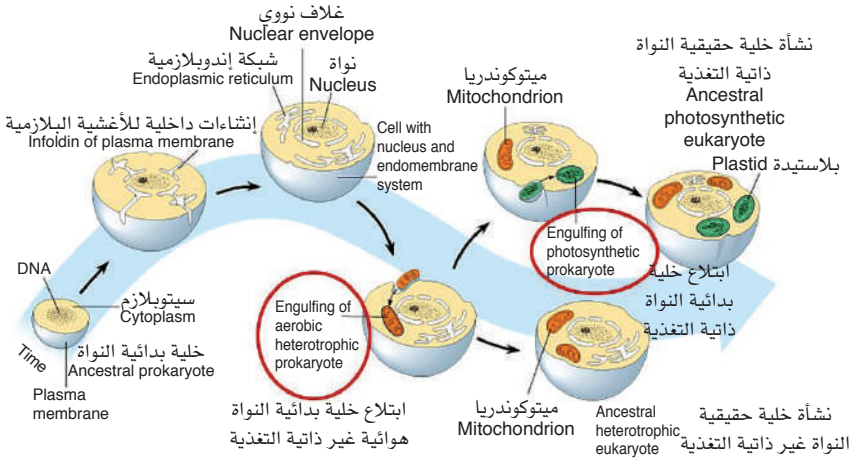
تتميز حقيقيات النواة بأنها تحتوي في خلاياها على نواة حقيقية، حيث يحيط الغلاف النووي بالمادة الوراثية المكونة من عدد من الكروموسومات، يحتوي كل كروموسوم على الحمض النووي DNA في شكل خطي مرتبطاً ارتباطاً وثيقاً ببروتينات تعرف باسم الهيستونات histones والتي تعتبر جزءاً مكملاً لتركيب الكروموسوم. العديد من الكائنات حقيقيات النواة تعتبر عديدة الخلايا. تضم حقيقيات النواة أربعة ممالك هي البروتستا والفطريات والنباتات والحيوانات.

بينما لا تحتوي الخلية الحيوانية على جدار خلوي فإن حقيقيات النواة الأخرى مثل الطحالب والفطريات والنباتات تحتوي خلاياها على جدار خلوي وان اختلف في التركيب الكيميائي في كل منها. كذلك تحتوي الخلايا حقيقية النواة على ميتوكوندريا وأجهزة جولجي وفي الخلايا النباتية المعرضة للضوء يوجد أيضاً بلاستيدات خضراء.

تتميز ريبوسومات حقيقيات النواة بمعامل ترسيب 80S فهي أكبر حجما وأكثر احتواءً على الحمض النووي الريبوزي الريبوسومي وجزيئات البروتينات عن مثيلاتها في ريبوسومات بدائيات النواة. تتكاثر حقيقيات النواة بعدة طرق منها التكاثرالجنسي والتكاثر اللاجنسي.

تشير بعض الدراسات التطورية بأن الخلايا حقيقية النواة قد تكون نشات نتيجة تطور خلايا بدائية النواة. في بدايات القرن العشرين (1990s) اقترح العالم الروسي قنسطنطين ميريشكوفسكي Konstantin Mereschkowski نظرية التكافل

الداخلـي Endosymbiotic theory، وقد سـاهم العالـم الأمريكي لين مارجوليس Lynn Margualis في السـبعينيات من القرن العشـرين (1970s)، في تطوير هذه النظرية والتي تفترض بأن منذ حوالي 2 مليار سـنة نشـأت بعض العضـيات مثل الميتوكوندريـا، والبلاسـتيدات نتيجـة لاحتواء أو ابتـلاع ingesting خلايا بدائية لخلايا بدائية أخرى. وأصـبح هناك حالة من التعايش أو تبادل المنافع بين الخلية الأصـلية والخليـة الداخلية وهذا ما يعـرف بالعيش الداخلـي أو التكافل الداخلي Endosymbiosis (شـكل 34). فعلى سـبيل المثال قد تكون إحدى الخلايا نشطة في انتاج الطاقة، والأخرى نشـطة في الانقسـام فوجودهما معاً يعزز من بقائهما أكثر من بقاء كل خلية بمفردها. هذا التكافل حافظ على هذه البنية الجديدة بشكل دائم. قد تفسر هذه النظرية احتواء عضيات مثل البلاستيدات والميتوكوندريا على غشائين من الأغشية البلازمية. كذلك قد يفسر احتواء الخلايا حقيقية النواة على حبيبات ريبوسـومات ومادة وراثية داخل الميتوكوندريا والبلاسـتيدات الخضـراء بصفات مشابهة لمثيلاتها في الخلايا بدائية النواة. تشير بعض الدراسات الحديثة بأن النواة قد تكون نشأت أيضاً تبعاً لنظرية العيش الداخلي.



شكل 34: نظرية التعايش الداخلي Endosymbiotic theory ونشأة حقيقيات النواة.

ثانياً: تنوع حقيقيات النواة Diversity of Eukaryotes

كما ذكرنا سابقاً فلقد اقترح العالم كارل ووز (Carl Woese) وآخرون في عام 1990 أن تقسم الكائنات الحية إلى ثلاث نطاقات "three domains" هي: بكتيريا Bacteria، والعتائق Archaea، وحقيقيات النواة Eukarya.

يضم نطاق حقيقيات النواة أربع ممالك هي: مملكة البروتستا Protista، ومملكة الفطريات Fungi، والمملكة النباتية Plantae، والمملكة الحيوانية Animalia.

تتميز مملكة البروتستا بمجموعة متنوعة من الكائنات حقيقية النواة وهي إما وحيدة الخلية أو مستعمرات أو عديدة الخلايا. يتم التكاثر بطرق عديدة بداية من انشطار الخلية وانقسامها إلى التكاثر الجنسي. ويوجد بها تنوع في طرق التغذية. وتشتمل على الطحالب والبروتوزوا، والكائنات التي لا تحمل صفات محدده للنباتات أو للفطريات أوللحيوانات. مثل الأعفان البيضية التي كانت تعرف في السابق على أنها من الفطريات.

وتتميز مملكة الفطريات بالكائنات حقيقية النواة، غير المتحركة، خيطية، تفتقد البلاستيدات، الجدر الخلوية مكونة من الكايتين. وهي كائنات عديدة الخلايا فيما عدا الخمائر، غير ذاتية التغذية تعتمد على امتصاص غذائها من الأجسام الميتة «ترمم» أو من الأجسام الحية «تطفل». يوجد بها التكاثر الجنسي واللاجنسي.

أما المملكة النباتية فتضم كائنات حقيقية النواة، غير متحركة، عديدة الخلايا، تحتوي على البلاستيدات، الجدر الخلوية مكونة من السليلوز. وهي في معظمها ذاتية التغذية من خلال البناء الضوئي. يوجد بها التكاثر الجنسي واللاجنسي، ولكن التكاثر الجنسي هو الأكثر شيوعاً. يمكن تقسيمها إلى نباتات لابذرية وتضم الحزازيات والسرخسيات، ونباتات بذرية وتضم معراة البذور ومغطاة البذور. ولا تندرج الطحالب تحت هذه المملكة.

تضم المملكة الحيوانية كائنات حقيقية النواة، متحركة، عديدة الخلايا، تفتقد البلاستيدات والجدر الخلوية. وهي غير ذاتية التغذية تعتمد على التهام الغذاء وهضمة داخل أجسامها سواء كان مصدره نباتي (حيوانات آكلة العشب Herbivorus) أو حيواني (حيوانات آكلة اللحم Carnivorus). تتكاثر من خلال التكاثر الجنسي.

يمكن تقسيمها إلى قسمين أساسيين هما الفقاريات واللافقاريات. تضم الفقاريات الأسماك، والبرمائيات، والزواحف، والطيور والثدييات. أما اللافقاريات فتضم الإسفنجيات، والرخويات، والديدان، والعناكب، والحشرات وغيرها.

في هذا الباب سوف ندرس الصفات العامة والتنوع داخل الثلاث ممالك الأولى فقط وهي مملكة البروتستا، ومملكة الفطريات، والمملكة النباتية. وسيتم اتباع التقسيم التالي في دراستنا لهذه الممالك.

نطاق: حقيقيات النواة Domain: Eukarya

مملكة: الطلائعيات «البروتستا» Kingdom: Protista

وتضم ثلاث مجموعات هي الطحالب والأعفان والبروتوزوا.

(ا) الطحالب Algae

(أ) طحالب وحيدة الخلية أو مستعمرات

شعبة: اليوجلينيات Division: Euglenophyta

جنس: يوجلينا *Euglena*

شعبة: الدينوفايتات Division: Dinophyta

شعبة: الدياتومات Division: Bacillariophyta

طائفة: الدياتومات Class: Diatomatae

تأخذ الدياتومات أشكالاً مختلفة فمنها المستدير النجمي والمستطيل الريشي والمثلث والبيضاوي.

شعبة: الطحالب الخضراء المصفرة Division: Xanthophyta

جنس: فوشيريا *Vaucheria*

شعبة: الطحالب البنية الذهبية Division Chrysophyta

جنس: دينوبريون *Dinobryon*

(ب) طحالــب عديدة الخلايــا "بعض أنواع الطحالــب الخضراء وحيدة الخلية أومستعمرات"

شعبة: الطحالب البنية Division: Phaeophyta

جنس: فيوكس *Fucus*

جنس: سرجاسم *Sargassum*

شعبة: الطحالب الحمراء Division: Rhodophyta

جنس: بوليسيفونيا *Polysiphonia*

شعبة: الطحالب الخضراء Division: Chlorophyta

طحالب خضراء متحركة

جنس: كلاميدوموناس *Chlamydomonas* (طحلب وحيد الخلية متحرك)

جنس: باندورينا *Pandorina* (مستعمرة متحركة)

جنس: فولفكس *Volvox* (مستعمرة متحركة)

طحالب خضراء غير متحركة

جنس: زيجنيما *Zygnema* (خيوط غير متفرعة)

جنس: إسبيروجيرا *Spirogyra* (خيوط غير متفرعة)

جنس: كلادوفورا *Cladophora* (خيوط متفرعة)

جنس: بدياسترم *Pediastrum* (مستعمرة غير متحركة)

جنس: خس البحر *Ulva* (عديدة الخلايا)

(II) كائنات لا تحمل صفات محدده وكانت تعرف في السابق على أنها من الفطريات وهي:

شعبة: الأعفان اللزجة Division: Myxomycota

جنس: فيزارم *Physarum*

شعبة: الأعفان البيضية Division: Oomycota

(أ) أعفان الماء water molds

جنس: سابروليجنيا *Saprolegnia*

(ب) أعفان الصدأ الأبيض

جنس: البوجو Albugo

(ج) أعفان البياض الزغبي

جنس بلازموبارا *Plasmopara*

(III) الأوليات Protozoa

وهي كائنات حقيقية النواة، تحمل صفات مشابهة للحيوانات إلا أنها وحيدة الخلية.

مملكة: الفطريات Kingdom: Fungi

وتضم أربع شعب هي الفطريات الكتريدية، والفطريات الزيجوتية، والفطريات الأسكية، والفطريات البازيدية.

شعبة: الفطريات الكتريدية Division: Chytridiomycota

جنس: سنكتريوم *Synchytrium*

شعبة: الفطريات الزيجوتية Division: Zygomycota

جنس: عفن الخبز ريزوبس *Rhizopus*

جنس: ميوكر *Mucor*

شعبة: الفطريات الأسكية (الزقية) Division: Ascomycota

جنس: خميرة *Saccharomyces*

جنس: بيزيزا *Peziza*

جنس: بنسيليوم *Penicllium*

جنس: أسبرجيلس *Aspergillus*

جنس: فطرة الكمأة *Terfezia*

شعبة: الفطريات البازيدية Division: Basidiomycota

جنس: صدأ القمح *Puccinia graminis*

جنس: عيش الغراب *Agaricus bisporus*

المملكة النباتية Kingdom: Plantae

تحتوي مملكة النبات على أربع مجموعات هي الحزازيات والسرخسيات ومعراة البذور ومغطاة البذور، وهي تعبر في مجملها عن النباتات التي استعمرت اليابسة والتي تتميز بأنها حقيقية النواة عديدة الخلايا، ذاتية التغذية.

(I) الحزازيات Bryophytes

تحتوي على 3 شعب. نباتات ثالوثية تتكون من أشباه جذور وسيقان وأوراق.

شعبة: الحزازيات الكبدية Division: Hepatophyta

جنس: ريشيا *Riccia*

جنس: ماركانتيا *Marchantia*

شعبة: الحزازيات القرناء Division: Anthocerophyta

جنس: أنثوسيروس *Anthoceros*

شعبة: الحزازيات القائمة Division: Bryophyta

جنس: فيوناريا *Funaria*

(II) السرخسيات Pteridophytes

تحتوي على 4 شعب. نباتات وعائية لابذرية.

شعبة: السيلوديات Division: Psilophyta

جنس: السيلوتم *Psilotum*

شعبة: اللايكوديات Division: Lycophyta

جنس: ليكوبوديم *Lycopodium*

جنس: سيلاجينيلا *Selaginella*

شعبة: السفينوديات Division: Sphenophyta

جنس: ذيل الحصان *Equisetum*

شعبة: التريدات (السراخس) Division: Pterophyta (Ferns)

جنس: كزبرة البئر *Adiantum*

(III) معراة البذور Gymnosperms

تحتوي على 4 شعب. نباتات وعائية، تنتج بذور عارية.

شعبة: الجينكودات Division: Ginkophyta

جنس: جنكو *Ginko biloba*

شعبة: السيكادات Division: Cycadophyta

جنس: سايكس *Cycas revoluta*

شعبة: الجنيتودات Division: Gnetophyta

جنس: العلندة *Ephedra*

شعبة: المخروطيات Division: Coniferophyta

جنس: صنوبر *Pinus*

(IV) مغطاة البذور Angiosperms

تحتوي على شعبة واحدة. نباتات زهرية وعائية تنتج البذور مغطاة داخل الثمار.

شعبة: النباتات الزهرية «المنغوليات» Division: Magnoliophyta

طائفة: نباتات ذوات الفلقة الواحدة Class: Monocotyledoneae

جنس: الثمام *Pennisetum*

جنس: الثدا *Cyperus*

جنس: الجلاديولاس *Gladiolus*

طائفة: نباتات ذوات الفلقتين Class: Dicotyledoneae

جنس: العرفج *Rhanterium*

جنس: الحماط *Moltkiopsis*

جنس: الشري «الحنظل» *Citrullus*

جنس: البتونيا *Petunia*

الفصل الثامن

مملكة الطلائعيات «البروتستا»

Kingdom: Protista

الخصائص العامة للطلائعيات General Characteristics of Protista

تتميــز الطلائعيات بمجموعــة متنوعة من الكائنات حقيقيــة النواة، وفي بعض الأنواع لا تحتوي الخلايا على جدار خلوي. تتواجد الطلائعيات في صــورة كائنات وحيدة الخلية أو مســتعمرات أو عديــدة الخلايا. يوجد بها تنوع في طرق التغذية، وتتكاثر بطرق عديدة بداية من انشــطار الخلية وانقســامها إلى التكاثر الجنســي. الزيجوت لا ينمو إلى جنين بل ينمو مباشــرة ليعطي كائن جديد. الخلايا التكاثرية متحركة بواسطة أسواط.

التنوع في مملكة البروتستا Diversity of Protista

تشتمل مملكة البروتستا على ثلاث مجموعات هي الطحالب Algae، والأوليات أو البروتــوزوا Protozoa، وكائنات لا تحمل صــفات محدده للنباتات أو للفطريات أوللحيوانــات. مثــل بعض الكائنــات التــي كانت تعرف في الســابق علــى أنها من الفطريــات وتشــمل الأعفــان اللزجــة Myxomycota" Slime Molds". والأعفــان البيضية "Oomycota" Water Molds

أولاً: الطحالب Algae

ســوف ندرس ثلاثة أمور هامة عن الطحالب هي صفات الطحالب. والتنوع في الطحالب على مســتوى الشعب ودراسة بعض الأمثلة المميزة لكل شعبة، والأهمية الإقتصادية للطحالب.

(أ) صفات الطحالب

تنتمي الطحالب إلى مملكة بروتستا. تشتمل الطحالب على كائنات وحيدة الخلية، ومستعمرات، وعديدة الخلايا. يتراوح أحجامها من طحالب ميكروسكوبية إلى طحالب عملاقة مثل أنواع من الحشائش البحرية "Giant Kelp". تعيش في المياه العذبة والمالحة، على اليابسة وفي المحيطات. تعيش معظم الطحالب معيشة حرة، لكن قليل منها يعيش معيشة تطفلية أو تكافلية داخل كائنات أخرى.

تتميز غالبية الطحالب باحتوائها على اصباغ تمكنها من القيام بالبناء الضوئي مثل النباتات. تحتوي كل خلية على واحدة أو أكثر من البلاستيدات الخضراء. تقوم الطحالب بالبناء الضوئي من خلال صبغ الكلوروفيل A كصبغ أساسي بالإضافة إلى نوع آخر من الكلوروفيل كصبغ مساعد يختلف من مجموعة طحلبية لأخرى. أصباغ الكلوروفيل المساعدة في القيام بالبناء الضوئي هي:

- كلوروفيل B يوجد في الطحالب الخضراء، واليوجلينيات والنباتات أيضاً.
- كلوروفيل D يوجد في بعض الطحالب الحمراء.
- كلوروفيل C ويوجد في باقي الطحالب مثل الطحالب البنية والطحالب البنية الذهبية، والدياتومات والدينوفايتات، ويعتبر هذا النوع من أصباغ الكلوروفيل مميز للطحالب.

توجد أنواع أخرى من الأصباغ تعطي بعض الطحالب صفات لونية أخرى مثل الأصباغ المساعدة التي تعطي اللون الأحمر، أو البني، أو الأصفر، أو الذهبي.

تحتوي البلاستيدات الخضراء في العديد من الطحالب على تراكيب غنية بالبروتين تعرف بالبيرينويد Pyrenoid والتي تعتبر مخازن للمواد الكربوهيدراتية المنتجة من خلال البناء الضوئي. تستخدم نوعية المواد التخزينية في تقسيم الطحالب إلى مجموعات. يعتبر عدد الأغشية البلازمية التي تحيط بالبلاستيدات الخضراء صفة تقسيمية أخرى للطحالب:

- في الطحالب الخضراء والحمراء تحاط البلاستيدات بغشائين.

- فـي اليوجلينيـات ومعظـم الدينوفايتـات تحاط البلاسـتيدات بثلاثة أغشية.
- فـي العديـد مـن الطحالـب الأخـرى مثـل الطحالـب البنيـة تحاط البلاستيدات بأربعة أغشية.

تحتوي معظم الأنواع على أسواط تستخدم في الحركة. بعض الأنواع لا تستطيع الحركة. العديد من الطحالب المتحركة يحتوي على مراكز إحسـاس بالضوء وبقع عينية تساعد الطحالب في التوجيه والحركة في اتجاه الضوء.

(ب) التنوع في الطحالب

يمكن تقسيم الطحالب إلى مجموعتين رئيسيتين:

- طحالب وحيدة الخلية أو مستعمرات "تحتوي على خمس شعب"
- طحالب عديدة الخلايا "تحتوي على ثلاث شعب"

• طحالب وحيدة الخلية أو مستعمرات

شعبة اليوجلينيات Division Euglenophyta (Euglenoids)

شعبة الدينوفايتات Division Dinophyta (Dinoflagellates)

شعبة الدياتومات Division Bacillariophyta (Diatoms)

شعبة الطحالب الخضراء المصفرة Division Xanthophyta (yellow-green algae)

شعبة الطحالب البنية الذهبية Division Chrysophyta (golden-brown algae)

• طحالب عديدة الخلايا

شعبة الطحالب البنية Division Phaeophyta (brown algae)

شعبة الطحالب الحمراء Division Rhodophyta (red algae)

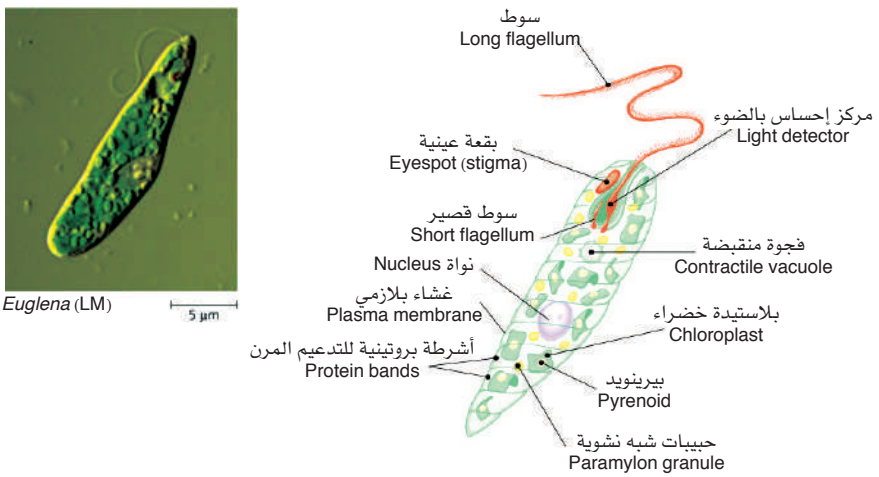
شعبة الطحالب الخضراء Division Chlorophyta (green algae)

الطحالب وحيدة الخلية أو مستعمرات

تعيش بعض الطحالب وحيدة الخلية أو مستعمرات على اليابسة أو على بعض الأسطح في الماء. غالبية هذا النوع تعيش كهائمات في الماء Phytoplankton، تمثل غالبية الطحالب الميكروسكوبية التي تقوم بالبناء الضوئي وتعيش معيشة حرة طافية قرب اسطح البحيرات والمحيطات.

(1) شعبة اليوجلينيات Division Euglenophyta (Euglenoids)

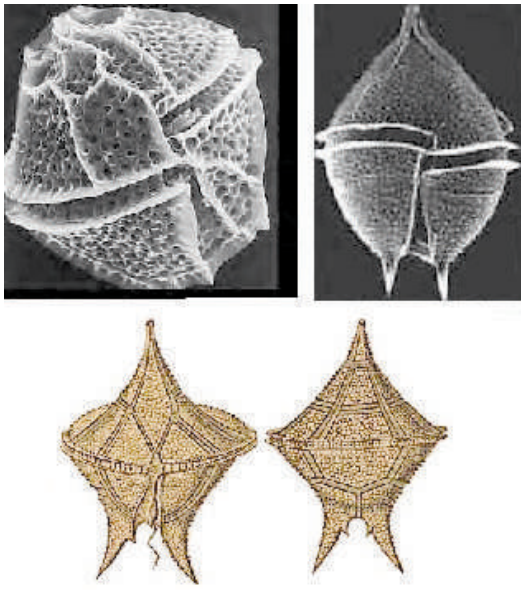
اليوجلينيات هي: طحالب وحيدة الخلية تحتوي على سوط أو سوطين للحركة، لاتحتوي على جدار خلوي. تعيش غالباً في الماء العذب (شكل 35). لا تتكاثر اليوجلينيات تكاثر جنسي وإنما تتكاثر لاجنسياً عن طريق الانقسام الميتوزي. غالبية اليوجلينيات تعنمد في تغذيتها على طرق مختلفة فهي تعتبر ذاتية التغذية Autotrophs لأنها تحتوي على البلاستيدات الخضراء، وفي نفس الوقت غير ذاتية التغذية Heterotrophs. لأنها تستطيع امتصاص أو التهام المواد الغذائية. لذلك يطلق على هذا النوع من الكائنات مصطلح مختلط التغذية Mixotrophs



شكل 35: يوجلينا *Euglena*، تحتوي على اثنين من الأسواط، السوط الطويل هو المستخدم في الحركة

(2) شعبة الدينوفايتات Division Dinophyta (Dinoflagellates)

الدينوفايتـات طحالب وحيدة الخلية مغطاة بطبقة صـلبة من السـليلوز تعطي الطحلب شـكلها الصـلب المميز (شـكل 36). تعيش في الميـاه العذبة والمالحة. تحتوي على اثنين من الأسـواط، أحدهما للدوران والأخر للحركة الأمامية. حوالي نصـف عدد الأنواع مـن الدينوفايتات ذاتيـة التغذية عن طريق البناء الضـوئي أو مختلطة التغذية، في حين أن النصف الآخر غير ذاتية التغذية.



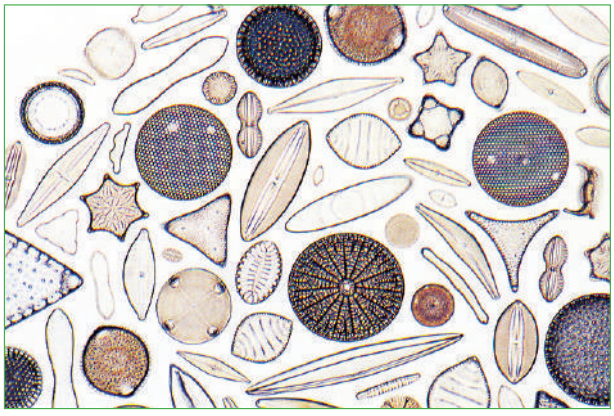
شكل 36: أشكال مميزة من الدينوفايتات.

الأهمية الاقتصادية لشعبة الدينوفايتات Importance of Dinophyta

تلعب الدينوفايتات دوراً هاماً في السلسلة الغذائية في المياه المالحة والعذبة. بعض الأنواع تسبب اللون الأحمر المميز لمنطقة المد نظراً لوجود أصباغ مساعدة ذات ألوان صفراء وحمراء تعرف بالزانثوفيل "Xanthophylls". بعض الأنواع تفرز مواد شديدة السمية تؤدي إلى موت الأسماك وقد تؤثر على صحة الإنسان.

(3) شعبة الدياتومات Division Bacillariophyta (Diatoms)

تتواجد الدياتومات في المياه العذبة والمالحة. تلعب دوراً هاماً في السلسلة الغذائية حيث تمثل الدياتومات والدينوفايتات الجزء الرئيسي من الهائمات النباتية. يعتبر الجدار الخلوي للدياتومات أهم الصفات المميزة لها والذي يتكون من السليكا «ثاني أكسيد السليكون» المترسبة في هيكل أو اطار عضوي مكون من مواد بكتينية ومواد أخرى. ينتج عن هذا الترسيب نظم هندسية ذات طبيعة جمالية وفنية رائعة من خلال الثقوب الدقيقة والأخاديد الحادثة عن ذلك الترسيب. تأخذ الدياتومات أشكالاً مختلفة فمنها المستدير النجمي والمستطيل الريشي والمثلث والبيضاوي وغير ذلك (شكل 37).



شكل 37: الأشكال المختلفة للدياتومات.

تتكون كل خلية من نصفين أحدهما أكبر قليلاً من الآخر، مما يجعلهما مثل القاعدة والغطاء لطبق بتري. ويعرف الجزء العلوي أو الغطاء بالمصراع العلوي Epitheca، أما الجزء السفلي أو الطبق فيعرف بالمصراع السفلي Hypotheca، ويسمى موضع تراكب المصراعين بالحزام Girdle. وفي الدياتومات المستطيلة يظهر شق طويل في المصراع يسمى الحز Raphe ويوجد في نهاية كل طرف من الحز عقدة قطبية بالإضافة إلى العقدة الوسطية التي توجد في وسط الحز.

توجد نواة الخلية معلقة في وسطها بخيوط سيتوبلازمية تربطها مع السيتوبلازم الجداري.

وللخلايا الدياتومية حركة خاصة تعرف بالحركة النفاثة من خلال الثقوب الدقيقة التي توجد في جدار الخلية والتي تسمح باتصال مستمر بين السيتوبلازم الداخلي والوسط المائي، فيؤدي اندفاع الماء من خلال الثقوب في اتجاه معين إلى حركة الخلية في الاتجاه المعاكس. كذلك يمكن للدياتومات المستطيلة الريشية أن تتحرك بواسطة الانسياب البروتوبلازمي خلال الحز.

بالإضافة لأصباغ الكلوروفيل تحتوي الدياتومات على صبغ الفيكوسيانين لذلك تظهر الخلايا باللون الأخضر المصفر والبني.

التكاثر Reproduction

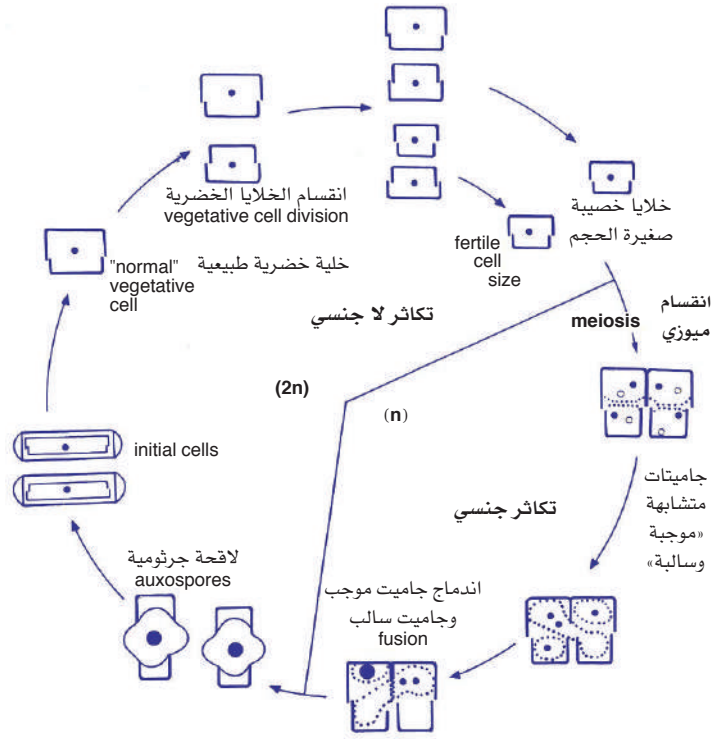
التكاثر اللاجنسي

تتكاثر الدياتومات بصورة أساسية لاجنسيا عن طريق الانقسام الميتوزي على النحو التالي:

تبتعد نصفي الخلية عن بعضهما قليلاً، ثم تنقسم محتويات الخلية بين هذين النصفين، ينفصل كل جزء عن الآخر «الغطاء والقاعدة»، يكون كل نصف النصف المقابل له لتتكون خليتين جديدتين. يتكون النصف الجديد داخل النصف القديم لذلك نجد أن الخلية الناتجة عن النصف الأكبر تكون بنفس حجم الخلية الأصلية في حين ان الخلية الناتجة عن النصف الأصغر تكون أصغر من الخلية الأصلية، وهكذا نجد أنه بعد عدة أجيال يصل حجم الخلايا القادمة من النصف الأصغر إلى حجم أصغر بكثير من الخلية الأولى (شكل 38 (A)).

التكاثر الجنسي

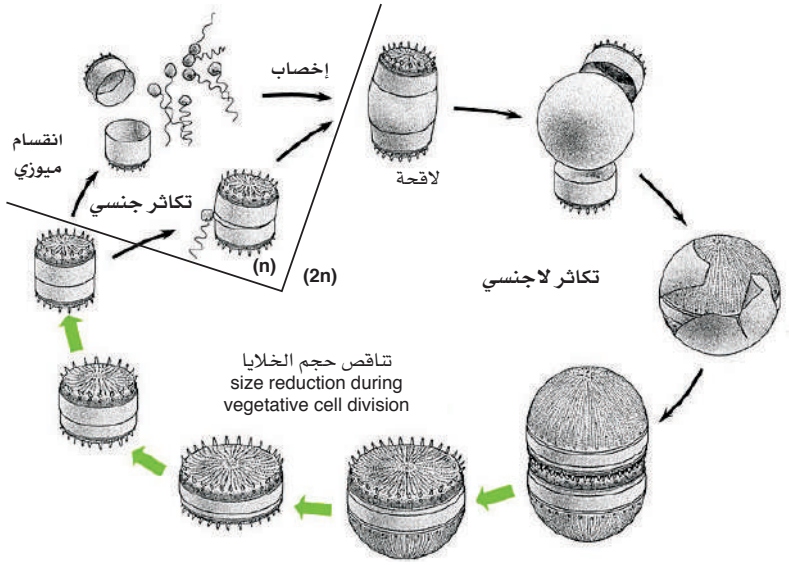
يحدث التكاثر الجنسي عندما يصغر حجم الخلايا إلى الحد الأدنى عن طريق الانقسام الميوزي. في الدياتومات الريشية تنتج الخلايا جاميتات متشابهة في الحجم والشكل (Isogamy) بعضها يمثل سلالة موجبة والبعض الآخر يمثل سلالة سالبة ويحدث الإخصاب بين جاميت موجب وجاميت سالب وينتج عن ذلك تكون الزيجوت الذي يكبر في الحجم وينمو إلى الحجم الطبيعي للدياتوم (شكل 38 A).



شكل 38 (A): دورة حياة الدياتومات الريشية.

أما في الدياتومات المستديرة فتنتج أحد الخلايا جاميتة مؤنثة عبارة عن بويضة كبيرة الحجم غير متحركة، والخلية الأخرى تنتج جاميتات مذكرة صغيرة الحجم متحركة «السابحات المذكرة sperms» ويعرف هذا النوع من التكاثر الجنسي

بالتكاثر الجنسي البيضي (Oogamy). يحدث الإخصاب بين أحد السابحات المذكرة والبويضة وينتج عن ذلك تكون الزيجوت الذي يكبر في الحجم وينمو إلى الحجم الطبيعي للدياتوم (شكل 38 B).



شكل 38 (B): دورة حياة الدياتومات المركزية.

الأهمية الاقتصادية للدياتومات Importance of Bacillariophyta

تلعب الدياتومات دوراً هاماً في السلسلة الغذائية حيث تمثل الدياتومات والدينوفايتات الجزء الرئيسي من الهائمات النباتية. تعتبر الهائمات الدياتومية مسؤولة عن ما يقرب من ربع البناء الضوئي الذي يتم على الأرض. تواجدت الدياتومات منذ ما يقرب من 250 مليون سنة لذلك تعتبر الدياتومات من أقدم الطحالب والنباتات الأخرى حيث تكونت من جدر خلاياها الميتة كميات كبيرة من التربة الدياتومية تراكمت عبر مئات السنين. يمكن استخدام التربة الدياتومية في المرشحات لترشيح السوائل وكمادة عازلة للحرارة ومصنفرة تستخدم في صقل المعادن، كانت تستخدم كأحد مكونات معجون الأسنان حتى اكتشف اطباء الأسنان أنها تؤدي إلى تآكل الطبقة السطحية للأسنان tooth enamel.

(4) شعبة الطحالب الخضراء المصفرة

Division: Xanthophyta (yellow-green algae)

تحتوي شعبة الطحالب الخضراء المصفرة على أكثر من 600 نوع، وتمثل جزءً هاماً من الهائمات النباتية Phytoplankton، يعيش أغلبها في المياه العذبة، والبعض يتواجد في المياه المالحة. أحياناً توجد فوق الصخور المبللة، والتربة الرطبة، والقليل منها يعيش في السبخات الملحية. تحتوي على صبغ كلوروفيل C وهذا يميزها باللون الأخضر المصفر، والجدار الخلوي يحتوي على السليكا. معظمها من الطحالب وحيدة الخلية تحتوي على سوطين، سوط في بداية الخلية ومسئول عن الحركة للأمام وسوط في نهاية الخلية ومسئول عن الحركة للخلف. بعضها يعيش في مستعمرات أو في صورة خيوط طويلة من الخلايا، أو في خيوط أنبوبية قليلة التفرع غير مقسمة تعرف بالمدمج الخلوي coenocytic مثل طحلب الفوشيريا *Vaucheria* . المدمج الخلوي عبارة عن كتلة واحدة من السيتوبلازم تحتوي على العديد من الأنوية بلا فواصل داخلية ومحاطة من الخارج بجدار خلوي واحد (شكل 39).

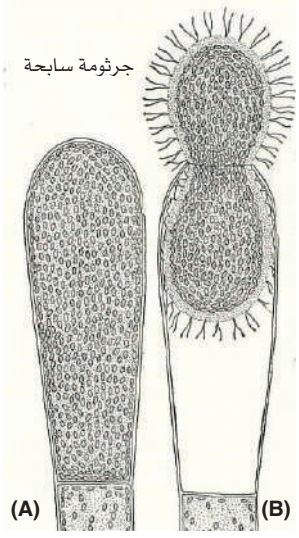
شكل 39: طحلب الفوشيريا *Vaucheria* .

التكاثـر يتم غالباً عن طريق التكاثر اللاجنسـي ويشـتمل علـى عدة طرق منها التفتت أو تجزئة الخيوط، وهذا يسـمى أحياناً بالتكاثر الخضري. ولكن يغلب على التكاثر اللاجنسي أن يتضمن انتاج جراثيم. يمكن أن تحتوي الجراثيم على أسواط فتعـرف بالجراثيـم السـابحة، أو تكون خالية من الأسـواط. أما التكاثر الجنسـي فيحدث في عدد قليل من الأجناس منها جنس الفوشيريا.

جنس الفوشيريا *Vaucheria*

التكاثر اللاجنسي: "تكوين جرثومة سابحة Zoospore"

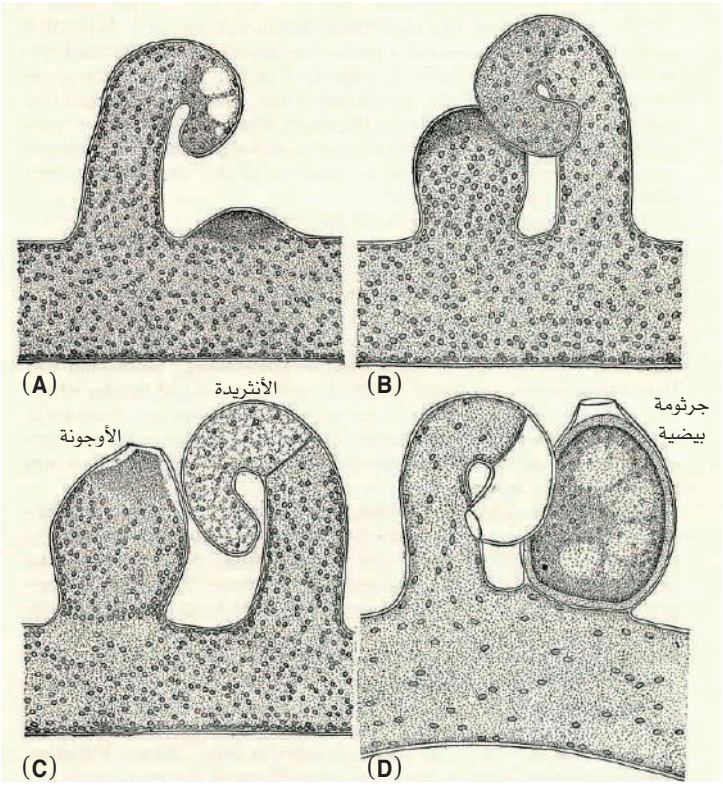
في الظروف المناسبة يتكون في نهاية الأفرع حوافظ جرثومية نتيجة تجمع عدد كبير من الأنوية وتكوين حاجز مستعرض تفصلها عن باقي المدمج الخلوي.يتبادل كل من الأنوية والبلاستيدات مكانهما حيث تكـون الأنوية للخـارج (شكل 40 A) ثم يخرج من سـطح البروتوبلاست أمام كل نواة زوج من الأسواط، وبهذا يتحول البروتوبلاست إلى جرثومة مركبة سـابحة تتحرر من نهاية الحافظة الجرثومية (شكل 40 B). تفقد الجرثومة أسواطها وتنبت من قطبيها لتعطي طحلباً جديداً.



شكل 40: التكاثر اللاجنسي في طحلب الفوشيريا ومراحل تكوين الجرثومة السابحة.

التكاثر الجنسي: "تكوين جرثومة بيضية Oospore"

في الظروف الغير مناسبة تتكون أعضاء التكاثر المؤنثة "الأوجونة Oogonium" التي تحتوي على بيضة واحدة، والمذكرة "الأنثريدة Antheridium" التي تحتوي على عدد كبير من السابحات المذكرة كل منها يحتوي على زوج من الأسواط الجانبية غير المتساوية (شكل 41 A, B). في وقت الإخصاب تكون الأوجونة بروزاً يتجه ناحية الأنثريدة ويمثل مكانا لاستقبال السابحات الذكرية التي تتحرر من طرف الأنثريدة (شكل 41 C). ينجح واحد من هذه السابحات في اختراق البيضة ليتكون الزيجوت الذي يفرز حول نفسه جداراً سميكاً ويتحول إلى جرثومة بيضية Oospore، وعندما تتحسن الظروف البيئية تنبت الجرثومة البيضية لتكون طحلباً جديداً (شكل 41 D).



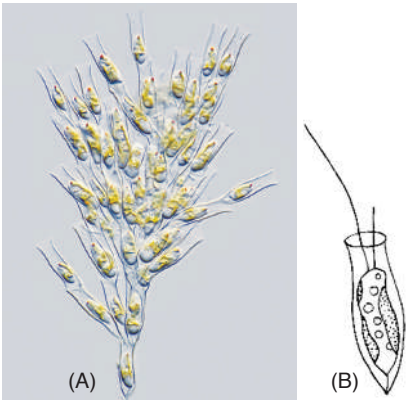
شكل 41: التكاثر الجنسي في طحلب الفوشيريا: عضو التذكير "الأنثريدة"، عضو التأنيث "الأوجونة".

(5) شعبة الطحالب البنية الذهبية

Division Chrysophyta (golden-brown algae)

يوجـد أكثر من ألف نوع مـن الطحالب البنية الذهبية يعيشـ أغلبها في المياه العذبة حيث تشـكل جزءً هاماً من الهائمات النباتية خاصـة في البحيرات فتشكل بداية السلسـة الغذائية للعديد مـن الهائمات الحيوانية. معظمهـا وحيدة الخلية، والبعض منها على شكل خيوط أو مستعمرات. تحتوي الخلايا على بلاستيدة واحدة كبيرة لها فصان bilobed أو اثنتين من البلاستيدات، وسوطين غير متساويين عند أحد طرفي الخلية. تحتوي على مركز احساس للضوء تظلله بقعة عينية عند قاعدة السوط القصير. من أمثلة هذه الشعبة طحلب دينوبريون *Dinobryon* (شكل 42).

يعيشـ طحلـب دينوبريون في المياه العذبة، تحاط خلايـا هذا الطحلب بدرع loricae من الكايتين ومركبات أخرى عديدة التسـكر على شـكل فـازة أو ناقوسvase-shaped. وبروتوبلاسـت الخلية منفصـل تماما عن الدرع أو الناقوس فيما عدا قاع الناقوس حيث يرتبط به برابط بروتوبلازمي. تتجمع هذه الخلايا مشكلة مستعمرات على هيئة سلاسل قد تكون متفرعة أو غير متفرعة. يحدث التكاثر من خلال الانقسام الطولي للخلية حيث تتحـرك إحـدى الخليتين ناحية فوهة الناقوس لتبدأ في تكوين ناقوس أو درع جديد new lorica، في حين تظل الخلية الأخرى في الدرع الأصلي parental lorica.



شـكل 42: طحلب دينوبريون *Dinobryon*: مستعمـرة طحلبية (A)، خلية من المستعمرة تبين البروتوبلاست المنفصل عن الجدار الخلوي والمتصل فقط بقاع الخلية (B).

الطحالب عديدة الخلايا

تحتوي الطحالب عديدة الخلايا على ثلاث شعب هي:

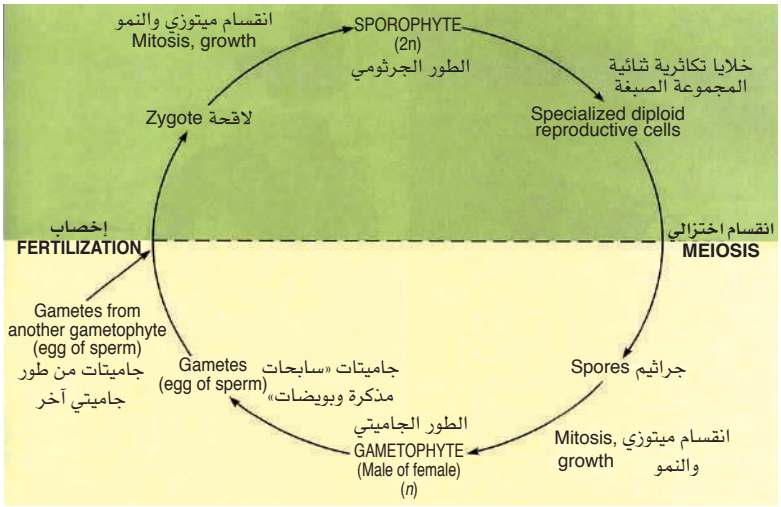
شعبة الطحالب البنية Division Phaeophyta (brown algae)

شعبة الطحالب الحمراء Division Rhodophyta (red algae)

شعبة الطحالب الخضراء Division Chlorophyta (green algae)

خصائص الطحالب عديدة الخلايا

تحتوي الطحالب عديدة الخلايا على تنوع في الخلايا والأنسجة. بينما تحتوي الطحالب الخضراء على بعض الأنواع وحيدة الخلية، نجد أن جميع الطحالب البنية، والحمراء عديدة الخلايا. تعرف الطحالب البحرية عديدة الخلايا بحشائش البحر See-Weeds. التكاثر الجنسي هو الشائع في الشعب الثلاثة. العديد من الأنواع تتميز بظاهرة تبادل الأجيال في دورة حياتها Alternation of Generations حيث تحتوي دورة الحياة على طورين عديدي الخلايا يتبادلان مع بعضهما، أحدهما ثنائي المجموعة الكروموسومية «2n» ينتج الجراثيم ويعرف بالطور الجرثومي Sporophyte، والآخر أحادي المجموعة الكروموسومية «n» وينتج الجاميتات ويعرف بالطور الجاميتي Gametophyte (شكل 43).

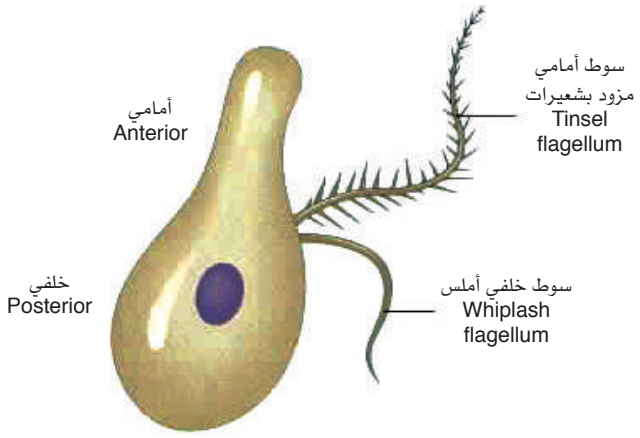


شكل 43: ظاهرة تبادل الأجيال Alternation of Generations.

(1) شعبة الطحالب البنية (Brown Algae) Division Phaeophyta

الصفات العامة

مــن الطحالب الكبيرة عديد الخلايا، تتواجد غالبــاً في البيئة البحرية وتعرف بحشائش البحر. تعيش الطحالب البحرية مثبتة بالصخور. تشكل الأنواع الضخمة من الطحالب البنية «Kelps» غابات من الحشــائش البحرية الضــخمة تحت الماء. وتتواجــد فــي منطقة المد الداخليــة intertidal zone للمناطق الســاحلية. يتكون الجدار الخلوي من السليلوز وحامض الألجينات وعديد السكريات الكبريتية. تخزن الكربوهيدرات في صــورة ســكريات اخرى غير النشــا وهــي المانيتول Mannitol واللامينارين Laminarine. خلايــا التكاثر كمثرية الشــكل تحتوي على ســوطين جانبييــن غير متســاويين في الطــول، الأمامي مــزود بشــعيرات anterior tinsel flagellum، والخلفي أملس posterior whiplash flagellum (شكل 44).



شكل 44: السابحة الجرثومية Zoospore .

التركيب

من الثالوثيات Thallophytes «عديد الخلايا، متخصصــة ولكنها بســيطة في تركيبها وفي تخصصــها لذلك تعرف بأشــباه النبات». يتكون العديد من الطحالب البنية من ثلاثة أجزاء هي: «شــبه جذر» وهــو الجزء القاعدي «المثبت Holdfast»

لتثبيت الطحلب بالصخور، وشبه ساق وهو العنق Stipa، وأشباه أوراق وهي الأنصال Blades وتأخذ شكل الأشرطة.

اللون

يرجع اللون البني لاحتواء الطحالب على الأصباغ البنية المعروفة بالفيوكوزانثين fucoxanthin، والكاروتين Carotenoid بالإضافة إلى أصباغ الكلوروفيل A، والكلوروفيل C.

من أمثلة الطحالب البنية: فيوكس *Fucus*، وسرجاسم *Sargassum*، والطحالب العملاقة «الكلبس Kelps».

طحلب الفيوكس *Fucus*

يتركب الشكل الخارجي لطحلب فيوكس الناضج من الجزء القاعدي ويسمى المثبت Holdfast قرصي الشكل ووظيفته تثبيت الطحلب بالصخور، ويليه جسم الطحلب وهو شريطي الشكل يتفرع تفرع ثنائي القمة، ويوجد عرق وسطي للتدعيم يسمى العرق الوسطي Midrib. يوجد عند مناطق التفرع مثانات هوائية Air bladders تساعد الطحلب على الطفو. وفي نهاية الأفرع توجد انتفاخات بداخلها الحوافظ الجنسية تحتوي على أعضاء التكاثر الجنسي. ويظهر في هذه الانتفاخات نقط وكل نقطة تمثل فتحة تؤدي إلى تجويف موجود به الأعضاء الجنسية «الأنثريدات والأوجونات» (شكل 45).

التركيب الداخلي لطحلب فيوكس:

عند اجراء قطاع في الشريط الطحلبي تظهر ثلاثة أنسجة رئيسية هي: نسيج تمثيلي Assimilating tissue مسئول عن القيام بالبناء الضوئي لأن خلاياه غنية بالبلاستيدات. ونسيج القشرة Cortex مسئول عن تخزين الغذاء وتوصيله للأجزاء المختلفة للطحلب. وطبقة النخاع Medulla عبارة عن خلايا مفككة تقوم أيضاً بتوصيل الغذاء إلى الأجزاء المختلفة للطحلب.

شكل 45: طحلب فيوكس *Fucus*.

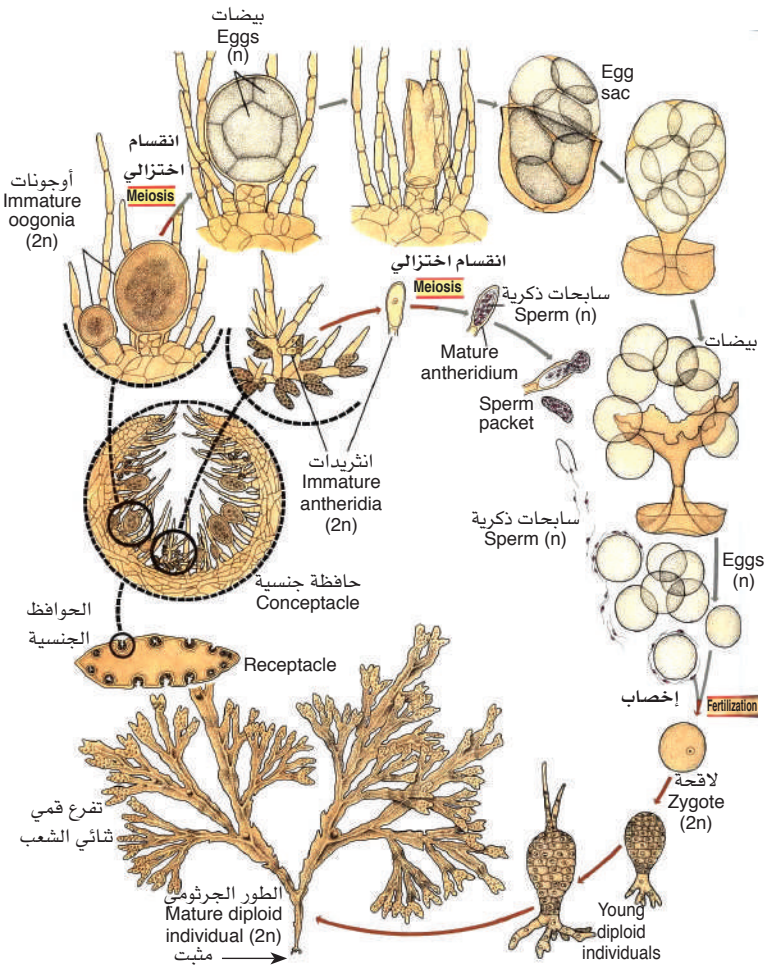
التكاثر الخضري

يحـدث التكاثر الخضـري بالتجزئـة عندما يتجزأ الطحلب إلى أجزاء صـغيرة يستطيع كل جزء أن ينمو مكوناً طحلب جديد.

التكاثر الجنسي البيضي Oogamy

التكاثـر فـي طحلـب الفيوكس من نوع التكاثر البيضـي ويتمثل باتحاد أمشـاج ذكرية صـغيرة متحركة تعرف بالسابحات الذكرية Anthrozoids مع أمشاج أنثوية كبيرة الحجم غير متحركة تعرف بالبيضات Ova or eggs.

تحتـوي الحوافظ الجنسـية على عدد كبيـر من الأنثريدات «أعضـاء التذكير» والأوجونات «أعضـاء التأنيث». الأنثريدة بيضـاوية الشـكل تحملها مجموعة أفرع خيطية متفرعة، وتعطي كل أنثريدة عندما تنضج 64 سابحة ذكرية Antherozoids لكل منها سوطان غير متساويين. تحمل الأوجونة على خلية تسمى الخلية العنقية. تحتوي الأوجونة على 8 بيضـات وعندما تنضـج تنطلق البيضات من الأوجونة إلى فراغ الحافظة الجنسـية ثم إلى البحر. تلقح كل بيضـة بسابح ذكري واحد لتتكون اللاقحة التي تنمو لتعطي طحلب جديد (شكل 46).

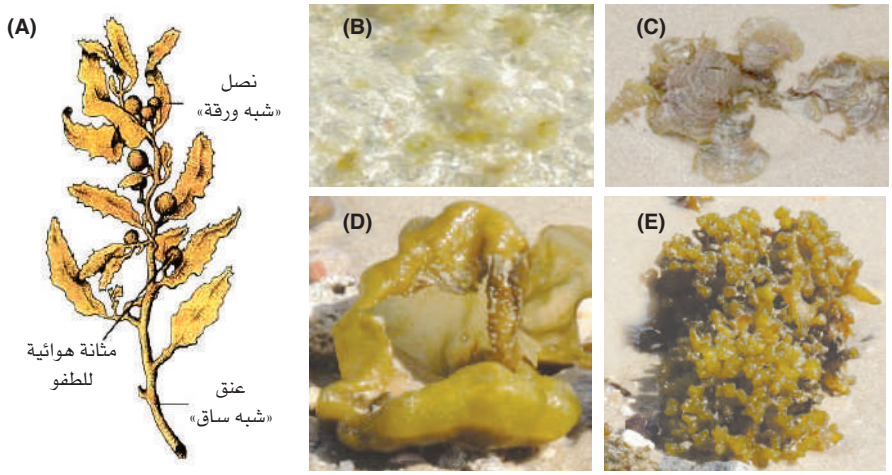


شكل 46: دورة حياة طحلب فيوكس *Fucus* Life Cycle.

طحلب سرجاسم Sargassum

يتواجد طحلب سرجاسم في البيئة البحرية وفي الخليج العربي يتركب الشكل الخارجي للطحلب من مثبت، ومحور اسطواني يشبه الساق الذي يتفرع مكوناً عدة أفرع. تحمل هذه الأفرع زوائد شبيهة بالأوراق تنشأ في آباطها مثانات هوائية معنقة لتساعد على طفو الطحلب (شكل 47 A).

قد يحمل أحد الأفرع حوافظ جنسية تحتوي على أعضاء التكاثر المذكرة «الأنثريدات» والمؤنثة «الأوجونات». تشبه أعضاء التكاثر مثيلاتها في طحلب فيوكس، إلا أن الأوجونة في طلحب سرجاسم لا تحتوي إلا على بيضة واحدة فقط.



شكل 47: بعض الطحالب البنية المميزة للبيئة الساحلية الكويتية.

وتتميز البيئة البحرية الساحلية لدولة الكويت وبخاصة السواحل الصخرية بالعديد من الأجناس التابعة للطحالب البنية منها سرجاسم أو القصيع *Sargassum* (شكل 47 A)، واكتوكاربس *Ectocarpus* (شكل 47 B)، وبادينا أو ذيل الطاووس *Padina* (شكل 47 C)، وفلفل البحر *Colpomenia*، (شكل 47 D)، واينجاريا *Iyengaria* (شكل 47 E).

الأهمية الإقتصادية للطحالب البنية Importance of Phaeophyta

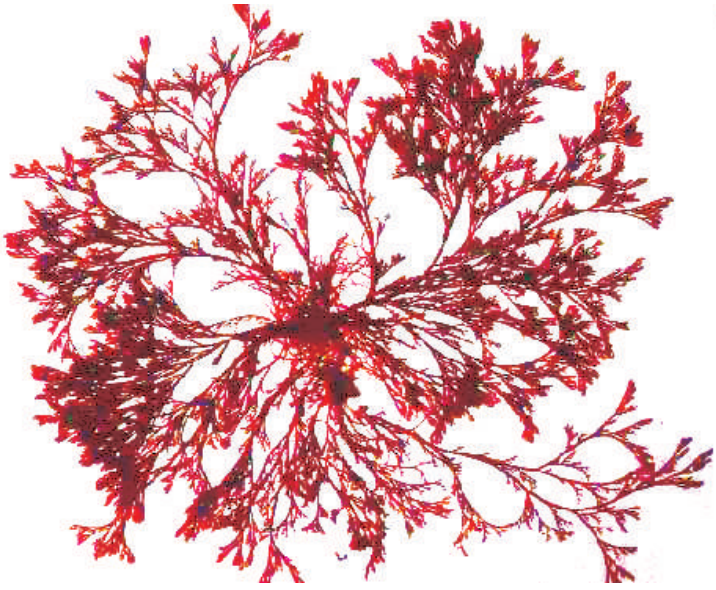
في بعض الدول مثل اليابان يستخدم بعض الطحالب البنية كغذاء مثل طحلب اللامينارياLaminaria والأونداريا Undaria. كان يستخرج في الماضي اليود الطبيعي من الطحالب البنية العملاقة. حوالي 40% من الطحالب البنية الضخمة "Kelps" (شكل 48) يستخرج منها مادة الألجينات والتي تعتبر من المركبات المستخدمة في الصناعات المختلفة كمثبتات وكمواد جيلاتينية لزيادة التخانة ومن هذه الصناعات: صناعة الأغذية، الدواء، الورق، معاجين الأسنان، الأيس كريم، المنسوجات، الأصباغ، مساحيق التجميل، وصناعات أخرى. كذلك تستخدم بعض أنواع الطحالب البنية كسماد وأحياناً كعلف للحيوانات.

شكل 48: الطحالب البنية العملاقة "كلبس Kelps".

(2) شعبة الطحالب الحمراء (Red Algae) Division Rhodophyta

الصفات العامة

حشـائش بحرية، عديدة الخلايا تشـبه النبات "ثالوثيـة". تتواجد غالباً مثبتة بالصخور في المياه البحرية الساحلية. تأخذ أشكال عديدة منها الخيطي والورقي. كثيـرة التفـرع (شـكل 49). يرجـع اللون الأحمـر لوجـود أصـباغ الفيكوبايلينات Phycobilins وكاروتينيات بالإضـافة إلى وجود أصباغ الكلوروفيل A، والكلوروفيل D. الجدار الخلوي من السليلوز لكنه يحتوي على الأجار كمادة مخاطية.



شكل 49: الشكل الخيطي المتفرع للطحالب الحمراء.

المادة المدخرة تسـمى النشـا الفلوريدي Floridean starch. لاتوجد أسـواط في أي طور من أطوار الطحالب الحمراء. تحتوي دورة الحياة على ثلاثة أطوار هي الطور الجرثومي الرباعي، والطور الجاميتي، والطور الكاربوجرثومي.

التكاثر اللاجنسي

فـي الطور الجرثومـي الرباعي تتكون جراثيم رباعية tetraspores بالإنقسـام الميوزي داخل حوافظ جرثومية تسمى بالحوافظ الرباعية tetrasporangia. تنمو كل جرثومة إلى الطور الجاميتي المذكر أو المؤنث.

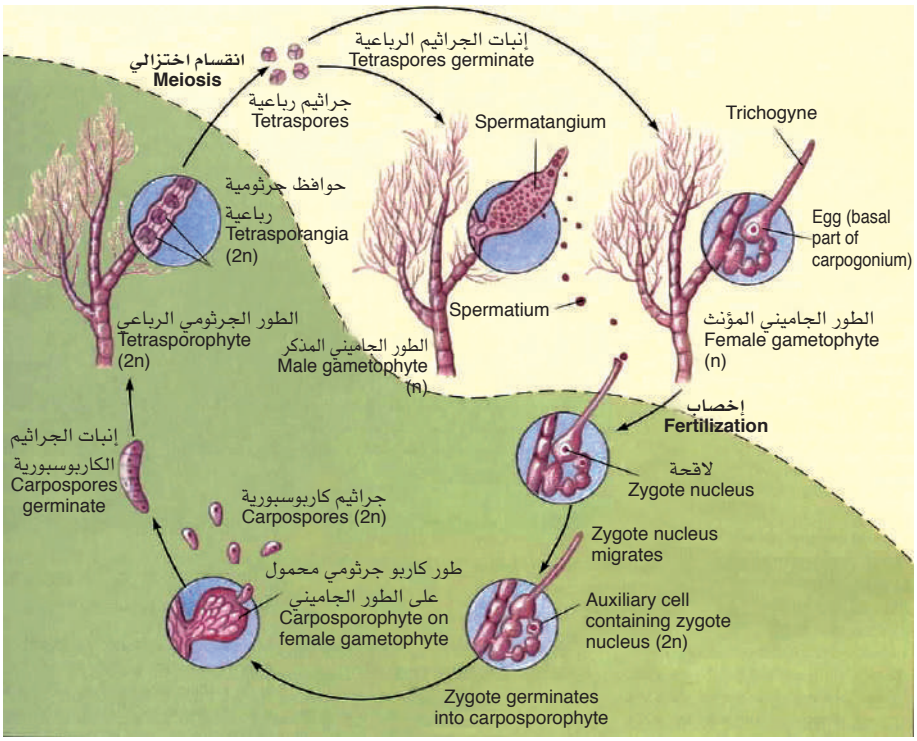
التكاثر الجنسي

يتم عن طريق تكوين أعضـاء جنسية مذكرة يحتوي كل منها على جاميت ذكري واحد غير متحرك. وأعضـاء تأنيث تنتج كل منها بيضـة واحدة. يحمل تيار الماء الجاميتـات المذكرة إلى البيضـات لتلقيحهـا على الطور الجاميتـي المؤنث. بعد الإخصـاب ينقسـم الزيجوت بالانقسـام الميتوزي لتنتج صـورة أخرى من الطور الجرثومي يسـمى الكاربوسـبوروفايت carbosporophyte والـذي يظل مرتبطاً بالطـور الجاميتـي وينتج جراثيم تعـرف بالكاربوسـبور carbospore التي تنبت لتعطي الطور الجرثومي الرباعي Tetrasporophyte (شكل 50).

تتميـز البيئة السـاحلية لدولـة الكويت باثنين من الأجناس التابعة للطحالب الحمراء هما: هيبنيا *Hypnea*، وبوليسيفونيا *Polysiphonia*.

الأهمية الاقتصادية للطحالب الحمراء Importance of Rhodophyta

العديد منها يستخدم كطعام. يستخرج الأجار «أحد أهم المواد الجيلاتينية» من بعض أنواع الطحالب الحمراء. تسـتعمل مادة الأجار في بعض الصناعات الغذائية وفي تحضير الأوساط الغذائية لنمو الكائنات الدقيقة.



شكل 50: دورة حياة طحلب بوليسيفونيا *Polysiphonia*.

(3) الطحالب الخضراء Division Chlorophyta (green algae)

الصفات العامة

تتميز الطحالب الخضــراء باحتوائها على أصــباغ كلوروفيــل A، وكلوروفيل B، وتخزن النشــا داخل البلاســتيدات، ويتكون الجدار الخلوي من السليلوز وفي ذلك تشبه تماماً النباتات. أدى ذلك إلى افتراض ان النباتات والطحالب الخضراء نشأت وتطورت من منشأ مشترك common ancestor.

أشكال الطحالب الخضراء

تتنوع أشكال الطحالب الخضراء فمنها وحيدة الخلية غير المتحركة مثل الكلوريلا *Chlorella*، أو وحيدة الخليــة متحركة مثل الكلاميدوموناس *Chlamydomonas*. ومنها ما يتواجد على صورة مستعمرات متحركة مثل الفولفكس *Volvox*، أو خيوط غير متفرعة مثل الإســبيروجيرا *Spirogyra*. أو خيــوط متفرعة مثل الكلادوفورا *Cladophora*. ومنها الطحالب عديدة الخلايا مثل خس البحر *Ulva*.

غالبيــة الطحالب الخضــراء تعيش في المياه العذبة، ولكــن هناك العديد منها يعيش في المياه المالحة. والبعض منها يعيش على اليابسة في الأماكن الرطبة.

الطحالب عديدة الخلايا تتواجد كحشــائش بحريــة. والطحالب وحيدة الخلية والمســتعمرات تعيش كجزء من الهائمات النباتية. وهي غالباً تعيش معيشــة حرة، لكــن البعض منها يعيش معيشــة تكافلية مع بعض الكائنات الحيــة الأخرى مثل الفطريات مكونة أنواعاً من الأشن.

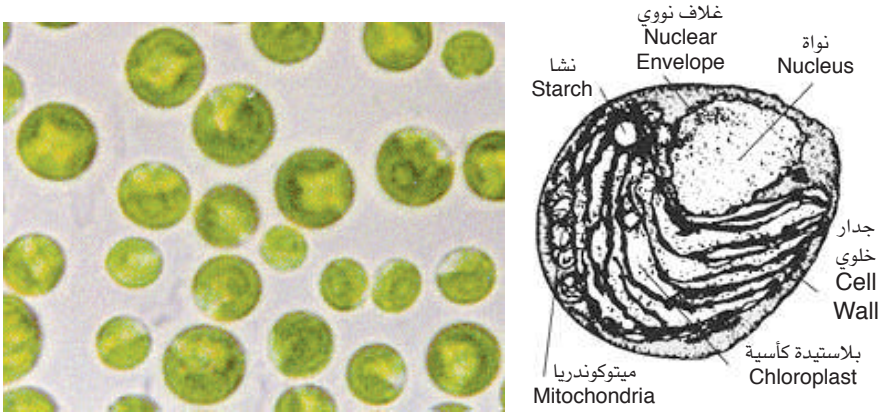
تم تسجيل اثنين من الأجناس التابعة للطحالب الخضراء عديدة الخلايا في البيئة الساحلية لدولة الكويت هما خس البحر *Ulva*، وانتيرومورفا *Enteromorpha*.

الأهمية الاقتصادية للطحالب الخضراء Importance of Chlorophyta

تلعب الطحالب الخضراء دوراً هاماً في السلاسل الغذائية المائية. بعضها يؤكل مثل خس البحر، وبعضــها يســتخدم في إنتاج مكملات غذائية ودوائية مثل طحلب كلوريلا. قد تتواجد بكميات كبيرة في مواســم معينة خاصــة في البرك والمستنقعات وعند إلقاء ملوثات عضوية غنية بالمركبات النيتروجينية والفوسفاتية. هذه النموات الهائلة ينتج عنها روائح كريهة.

طحلب الكلوريلا Chlorella

طحلب الكلوريلا عبارة عن كائنات وحيدة الخلية كروية الشكل غير متحركة، يتراوح قطر خلاياها من 2–10 ميكرومتر، تحتوي على بلاستيدة كأسية (شكل 51).



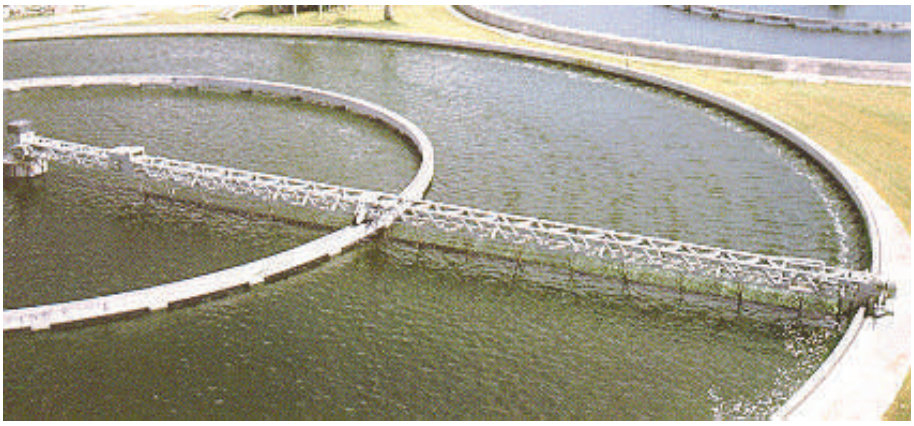
شكل 51: التركيب الخلوي لطحلب كلوريلا.

يعيش معيشة حرة في المياه العذبة والتربة الرطبة وكذلك في المياه المالحة، والبعض منها يتعايش داخليا في العديد من الكائنات المائية مثل البروتوزوا، والاسفنجيات، والهيدرا.

يتميز طحلب كلوريلا بالتكاثر والنمو السريع، حيث يتكاثر لاجنسياً بانقسام نواة الخلية انقسامين متتاليين غير مباشرين مكونة أربعة أنوية «وأحيانا يتبعهما انقسام ثالث»، تحاط كل نواة عقب كل انقسام بجزء من السيتوبلازم ثم تحاط بجدار، منتجة في النهاية أربعة أو ثمانية جراثيم غير متحركة. يتمزق جدار الخلية الأم وتتحرر الجراثيم التي تنمو بعد ذلك إلى أحجامها الأصلية.

تعتبر مصدراً غذائياً هاماً لأن الوزن الجاف من طحلب كلوريلا يحتوي على 45% بروتين، 20% دهون، 20% كربوهيدرات، 5% ألياف، 10% أملاح وفيتامينات.

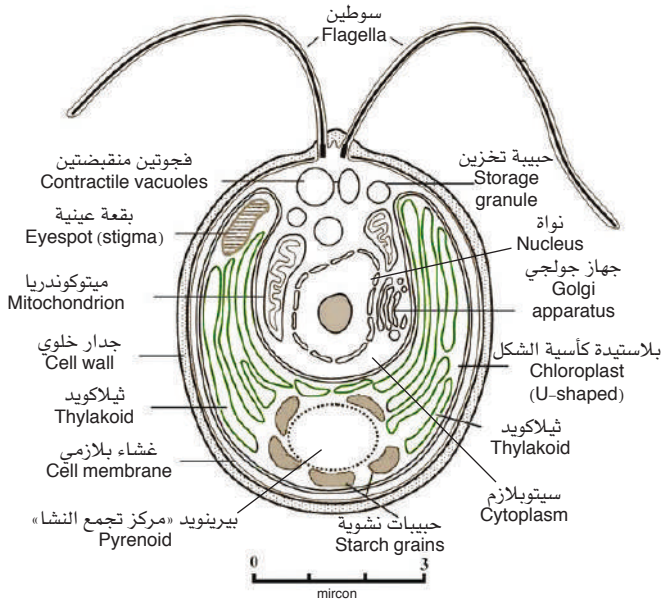
يتم استزراعها حالياً على نطاق واسع (شكل 52) للاستفادة منها كمصدر غذائي رخيص التكلفة وغني بالعناصر الغذائية وبخاصة البروتين. كذلك يستخدم طحلب كلوريلا *Chlorella vulgaris* في الصناعات الدوائية حيث يعتقد بأهميته كمدعم للجهاز المناعي وواقي من الأمراض السرطانية. يستخدم كمكملات غذائية ودوائية في اليابان والولايات المتحدة الأمريكية والعديد من الدول الأسيوية.



شكل 52: استزراع طحلب الكلوريلا في أحواض دائرية تحتوي على أوساط غذائية مائية في إوكيناوا Okinawa باليابان.

طحلب كلاميدوموناس *Chlamydomonas*

يعيش في المياه العذبة خاصة مياه البرك والمستنقعات. طحلب كلاميدوموناس وحيد الخلية، عبارة عن خلية بيضاوية أو كمثرية الشكل تحتوي على سوطين للحركة متساويين في الطول يوجدان في الناحية الأمامية للخلية، بالإضافة إلى بقعة عينية Eyespot شديدة الحساسية للضوء تعمل على توجيه الطحلب ناحية الضوء، كذلك يوجد فراغان منقبضان Contractile vacuoles. طحلب كلاميدوموناس يحتوي على بلاستيدة خضراء واحدة كبيرة كأسية الشكل أو على شكل حدوة الحصان، ويوجد في قاع البلاستيدة مركز تخزين حبيبات النشا «بيرينويد Pyrenoid». النواة منغمسة في السيتوبلازم في وسط الخلية (شكل 53).



شكل 53: طحلب كلاميدوموناس *Chlamydomonas*.

دورة حياة طحلب كلاميدوموناس

يتكاثر طحلب الكلاميدوموناس بطريقتين هما التكاثر اللاجنسي في الظروف المناسبة والتكاثر الجنسي في الظروف غير المناسبة.

التكاثر اللاجنسي

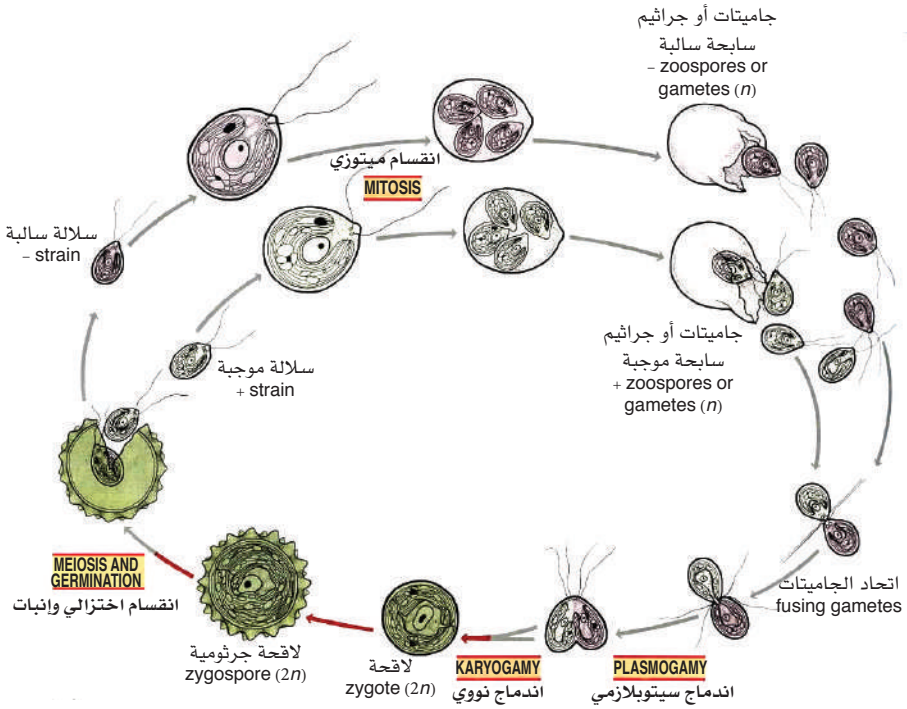
تستقر الخلية وتفقد أهدابها ثم تتجمع المحتويات وتبعد عن الجدار الخلوي. تبدأ المحتويات بالانقسام إلى اثنين ثم إلى أربعة وأحياناً إلى ثمانية أقسام، ولكل قسم سوطان مكونة جراثيم سابحة Zoospores. تتحرر الجراثيم السابحة وتنمو مكونة أفراداً جديدة من طحلب كلاميدوموناس.

التكاثر الجنسي

تستقر الخلية وتفقد أهدابها ثم تتجمع المحتويات وتبعد عن الجدار الخلوي. تبدأ المحتويات بالانقسام إلى اثنين ثم إلى أربعة أقسام وأحياناً إلى أقسام عديدة، ولكل قسم سوطان مكونة ما يعرف بالجاميتات المتشابهة Isogametes، تماما مثل نشأة الجراثيم السابحة Zoospores.

تتحرر الجاميتات المتشابهة وتسبح في الماء ثم تتحد في أزواج طرفياً أو جانبياً. تندمج محتويات كل خليتين مكونة الزيجوت الذي يتحرك بأسواطه الأربعة فترة من الزمن بعدها يفقد الأسواط ويحيط نفسه بجدار سميك يحميه من الظروف الصعبة ويسمى في هذه الحالة باللاقحة الجرثومية Zygospore.

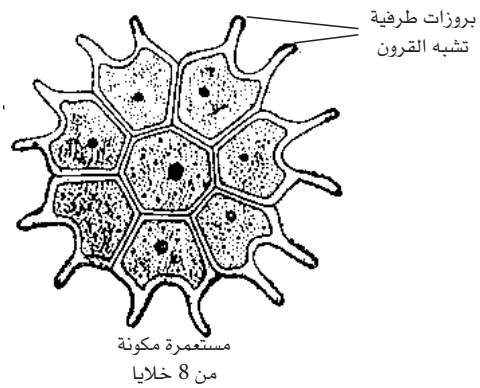
ترسب اللواقح الجرثومية في قاع المستنقع، وفي الظروف المناسبة تنشط وتنقسم محتوياتها اختزالياً لتتكون أربعة خلايا لكل منها سوطان وتسمى كل منها بالجرثومة السابحة Zoospore والتي تنمو لتتكون خلية جديدة لطحلب كلاميدوموناس (شكل 54).



شكل 54: دورة حياة طحلب كلاميدوموناس.

طحلب بدياسترم *Pediasterum*

يمثـل طحلب بدياســترم المســتعمرات الطحلبيــة غير المتحركة (شــكل 55)، حيــث تتكـون من عدد ثابــت من الخلايا تترتب على شــكل دائــري تحيط الخلايا الخارجية بعدد قليل من الخلايا المركزية. في نوع طحلب بدياسترم المكون من 8 خلايــا، تحيط 7 خلايا محيطية أو خارجيــة بخلية مركزية. الخلايا الخارجية لها امتدادات أنبوبية للخارج تشــبه الأشــواك أو القرون. يعيش طحلب بدياســترم في المياه العذبة، ويتكاثر جنســياً ولا جنسياً منتجاً مستعمرات لها نفس عدد الخلايا والترتيب للمستعمرة الأصلية.



شكل 55: طحلب بدياسترم *Pediastrum*.

طحلب فولفكس *Volvox*

طحلب فولفكس عبارة عن مستعمرة طحلبية متحركة (شكل 56 A). وهي مستعمرة مجوفة تحتوي على الآلاف من الخلايا تتصل فيما بينها بواسطة خيوط سيتوبلازمية دقيقة ولكل خلية منها سوطان (شكل 56 B).

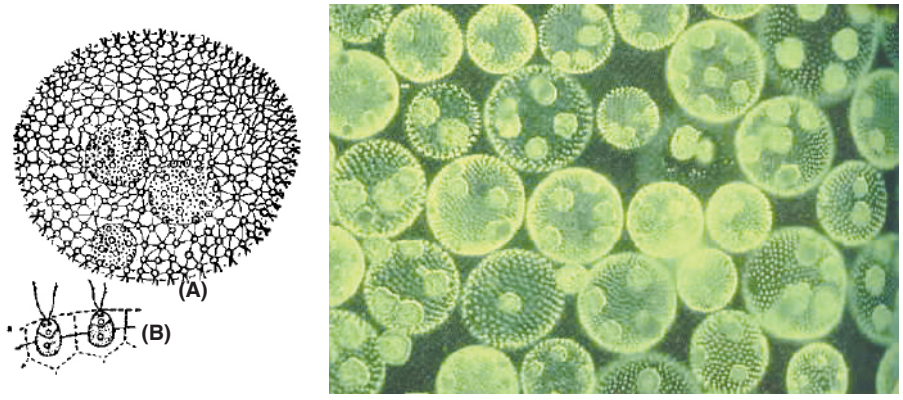
تقسم الخلايا المكونة لطحلب فولفكس إلى أربعة أقسام هي:

1- خلايا جسدية تمثل الغالبية الشائعة في المستعمرة وهي مسؤولة عن الحركة والتمثيل الضوئي.

2- خلايا جونيدية تقوم بالتكاثر اللاجنسي وهي أكبر حجماً من الخلايا الجسدية وأقل عدداً.

3- خلايا ذكرية أنثريدية تنتج كل أنثريدة العديد من السابحات الذكرية كل منها له سوطان.

4- خلايا أنثوية أوجونية تنتج أعضاء التكاثر المؤنثة وكل أوجونة تحتوي على بيضة واحدة.

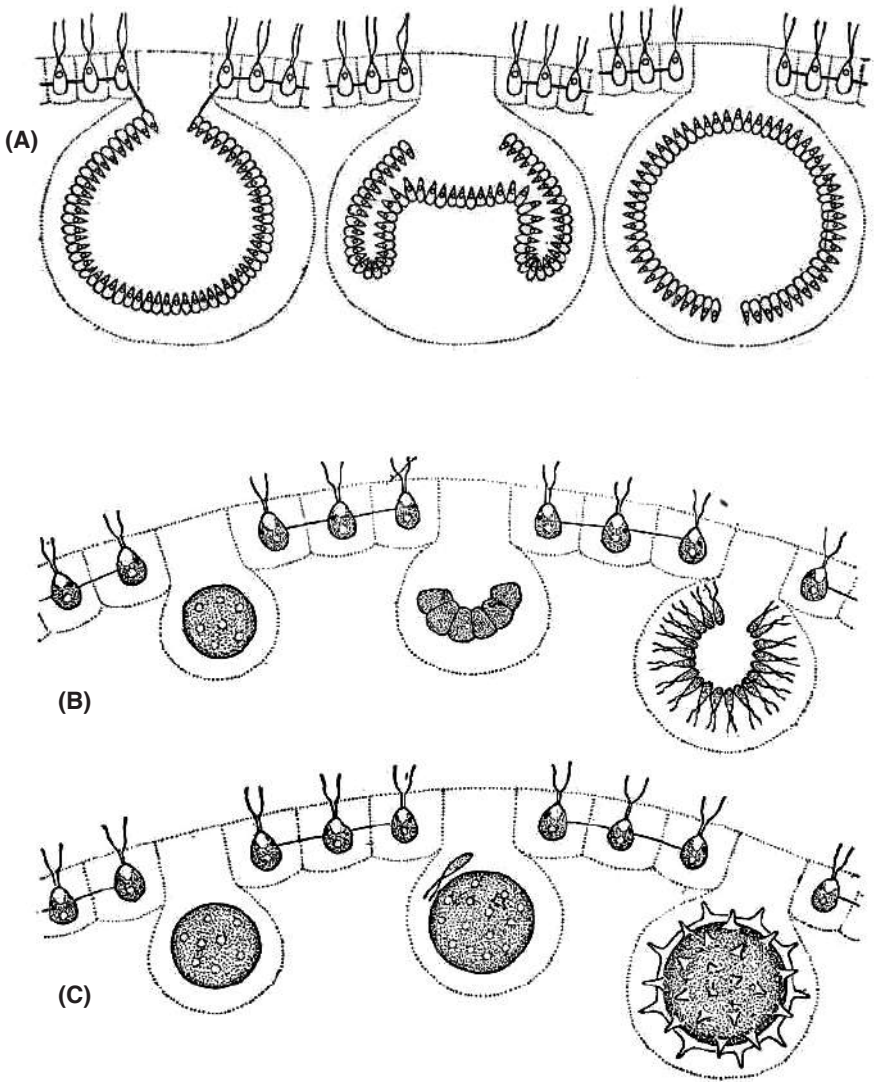


شكل 56: طحلب فولفكس *Volvox*.

دورة حياة طحلب فولفكس «مستعمرات مجوفة»

يحدث التكاثر اللاجنسي لطحلب فولفكس عن طريق الخلايا الجونيدية التي تنقسم عدة انقسامات منتجة العديد من الخلايا التي تترتب في أوضاع معينة لتكون المستعمرة الوليدة التي لا تلبث أن تسقط في تجويف المستعمرة الأم. وعند تمزق جدار المستعمرة الأم تنطلق المستعمرات الوليدة (شكل 57A).

ويحدث التكاثر الجنسي في طحلب فولفكس عن طريق الخلايا الأنثريدية المذكرة والتي تنتج كل منها العديد من السابحات الذكرية (شكل 57B)، والخلايا الأوجونية المؤنثة والتي تنتج كل منها بيضة واحدة (شكل 57C). يتحد سابح ذكري واحد مع البيضة ويحدث الإخصاب الذي ينتج عنه الزيجوت الذي يحيط نفسه بجدار سميك له نتوءات صغيرة (شكل 57C). وعند تحسن الظروف ينبت الزيجوت ليعطي جرثومة سابحة واحدة تنقسم عدة انقسامات لتكون مستعمرة جديدة.



شكل 57: التكاثر في طحلب فولفكس ***Volvox*** .

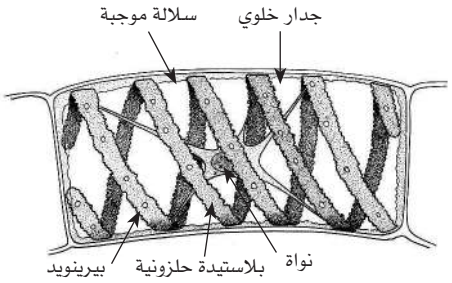
(**A**) التكاثر اللاجنسي ومراحل تكوين مستعمرة فولفكس ناشئة **Daughter *Volvox* colony**.

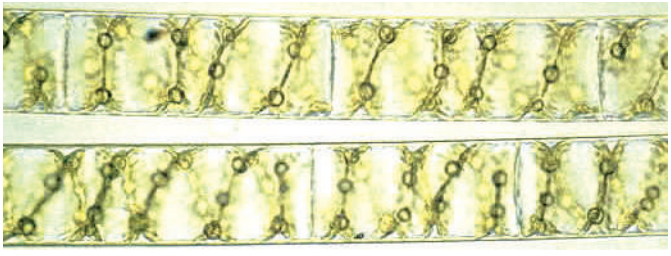
التكاثر الجنسي: (**B**) تكوين السابحات المذكرة **Antherozoid sperm**.

(**C**) تكوين البويضة **egg**، وتخصيبها وتكوين اللاقحة الجرثومية **zygospore**.

طحلب سبيوجيرا *Spirogyra*

يمثل طحلب سـبيروجيرا الطحالب الخضـراء الخيطية غيـر المتفرعة. يعيش طحلـب سـبيروجيرا في البرك والميـاه العذبة الراكدة ويكون طبقة خضـراء فوق البركة تعرف بريم البرك. يتكون طحلب سـبيروجيرا من صـف واحد من الخلايا الاسـطوانية على شكل خيط غير متفرع. تقوم كل خلية بجميع الوظائف الحياتية. تحتوي كل خلية على نواه في الوسط متصلة بالسيتوبلازم المبطن لجدار الخلية عن طريق خيوط سيتوبلازمية. كذلك تحتوي الخلية على بلاستيدة أو اثنتين منغمستين في السيتوبلازم، تأخذ البلاستيدة شكلاً حلزونياً وينغمس في البلاستيدة حبيبات البيرينويدات "مراكز تخزين النشا" (شكل 58).





شكل 58: طحلب سبيروجيرا: خيط طحلبي تحتوي خلاياه على بلاستيدات حلزونية.

التكاثر في طحلب سبيروجيرا

التكاثر الخضري

يحـدث التكاثـر الخضـري بالتجزئة عندما يتفتـت الخيط إلى أجزاء صـغيرة يستطيع كل جزء أن ينمو مكوناً خيطاً طحلبياً جديداً.

التكاثر الجنسي

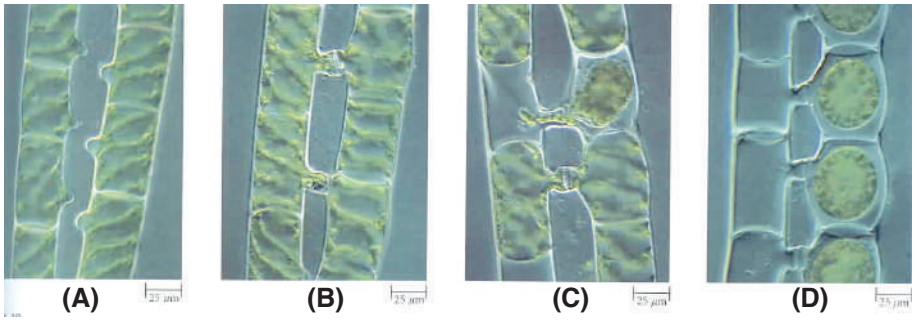
يحدث التكاثر الجنسي في الظروف البيئية الصعبة ويكون بإحدى طريقتين:

(أ) التزاوج الجانبي Lateral conjugation

يحـدث بيـن خليتين متجاورتيـن متتاليتين مـن الخيط الطحلبـي حيث يذوب الجـدار الفاصـل وتنتقل محتويـات إحدى الخليتيـن إلى الخلية الأخـرى. تندمج محتويات الخليتين وتتكون اللاقحة «الزيجوت» التي تفرز حول نفسها جداراً سميكاً وتعرف باللاقحة الجرثومية Zygospore. عندما تتحسن الظروف تنقسم اللاقحة اختزالياً إلى أربع خلايا تتحلل ثلاثة وتبقى الرابعة لتعطي خيطاً طحلبياً جديداً.

(ب) التزاوج السلمي Scalariform conjugation

يحدث التزاوج السلمي بين خليتين من خيطين مختلفين حيث يتقارب الخيطان من بعضهما وتقوم الخلايا المتقابلة بتكوين نتوءات صغيرة تكبر وتستطيل ثم تتلاقى ويذوب الجدار الفاصل بينهما ويتكون ما يسمى بقناة التزاوج Conjugation tube (شـكل 59A،B). تنتقل عن طريق هذه القناه محتويات إحدى الخليتين إلى الخلية الأخـرى (شـكل 59C). يمكن اعتبـار الخيط المعطي بالطحلـب المذكر والخيط المسـتقبل بالمؤنث. تندمج محتويات الخليتين وتتكـون اللاقحة "الزيجوت" التي تفرز حول نفسـها جداراً سـميكاً وتعرف باللاقحة الجرثومية Zygospore (شكل 59D). عندما تتحسـن الظروف تنقسـم اللاقحة اختزالياً إلـى اربع خلايا تتحلل ثلاثة وتبقى الرابعة لتعطي خيطاً طحلبياً جديداً.



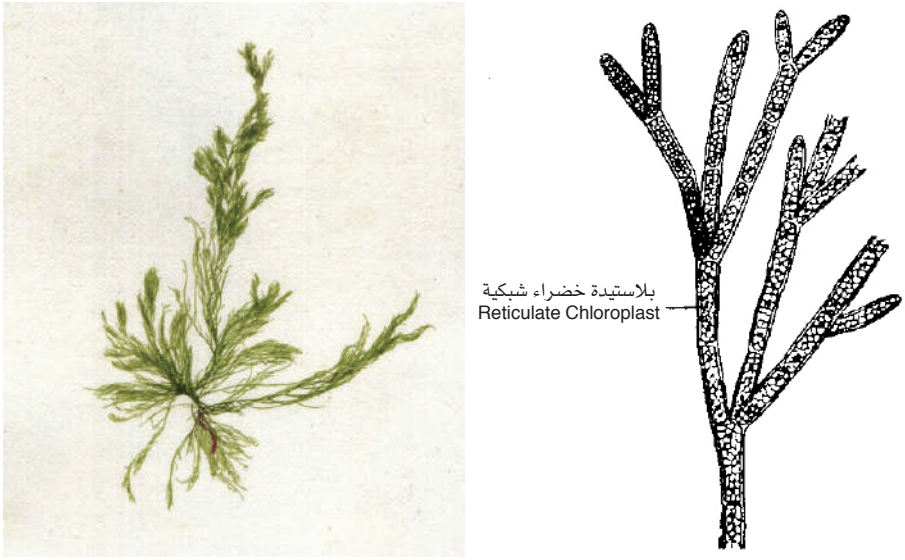
شكل 59: التكاثر الجنسي في طحلب سبيوجيرا يبين مراحل التزاوج السلمي.

طحلب كلادوفورا *Cladophora*

يعتبـر طحلب كلادوفورا من الطحالب الخضـراء الخيطيـة المتفرعة. خلاياه اسطوانية الشكل يصل طولها ثلاث مرات اكثر من عرضها وتكون تفرعات الخيوط ثنائيـة وتحـدث من نهايات الخلايا (شـكل 60). يتواجد في الميـاه العذبة وبعض أنواعه تتواجد في المياه المالحة.

البلاسـتيدات الخضـراء شبكية الشـكل عندما تكون فتية وتتحول إلى قرصية الشـكل في الخلايا المسـنة ولها مراكز نشـوية متعددة. يدخل السـليلوز والبكتين والكايتين في تركيب الجدار الخلوي.

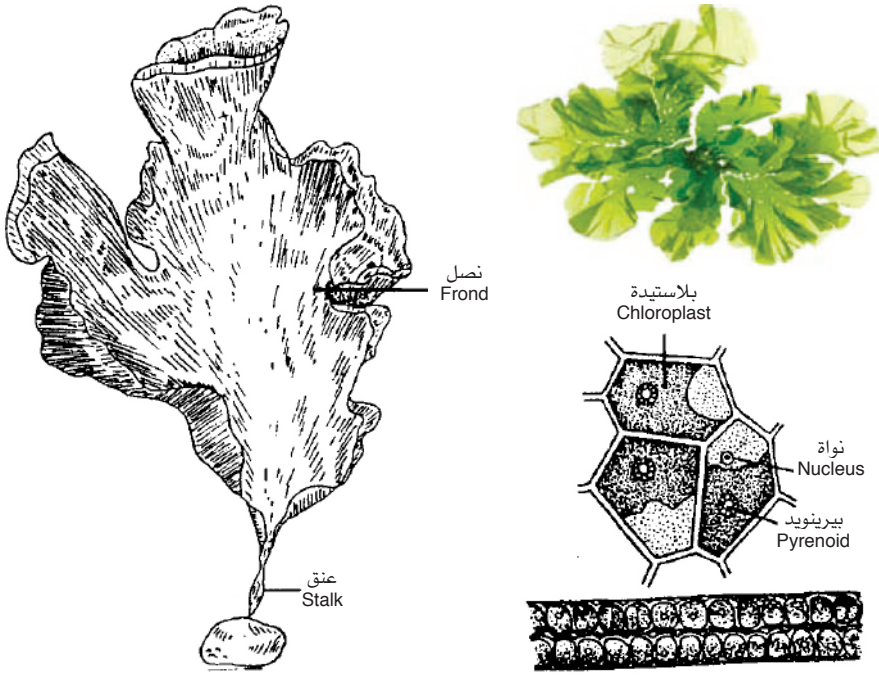
تشـمل دورة حيـاة طحلب كلادوفـورا ظاهرة تبادل الأجيال بيـن طورين الطور الجرثومـي ثنائي المجموعة الصـبغية والـذي ينتج الجراثيم من خلال الانقسـام الاختزالـي، والطـور الجاميتي أحادي المجموعة الصـبغية والذي ينتج الجاميتات من خلال الانقسام الميتوزي.



شكل 60: كلادوفورا *Cladophora*.

طحلب خس البحر *Ulva*

طحلب خس البحر من الطحالب الخضراء عديدة الخلايا شبه الورقية الشفافة رقيقة السمك حيث يتكون من طبقتين من الخلايا. تنمو مرتبطة بالصخور في البيئة البحرية من خلال مثبت أو شبه جذر يعرف بالـholdfast. البلاستيدات الخضراء كأسية الشكل في بعض الأنواع أو على شكل صفائح في الأنواع الأخرى. تحتوي كل بلاستيدة خضراء على واحد إلى ثلاثة من مراكز تخزين النشا المعروفة بالبيرونيدات (شكل 61).



شكل 61: خس البحر *Ulva* .

النمو المفاجئ الضار للطحالب Harmful Algal Blooming

العديـد من الطحالب المختلفة تسـتطيع أن تزدهر فـي نموها مكونة ما يعرف بالـAlgal Bloom حيث تتكاثر الطحالب بصـورة كبيرة وفي فترات زمنية قصـيرة بحيث تستعمر وتتوغل في البرك والمستنقعات أو البحيرات والأنهار (شكل 62).

بعض هذا الازدهار والنمو المطرد للطحالب يحدث بصورة طبيعية وفي مواسم معينـة، والبعضـ الآخر يحدث نتيجة تدخلات الإنسـان بتلويث المياه السـطحية بالمخلفات العضوية.

يـؤدي هذا الازدهار الطحلبي إلى انبعاث روائح كريهة واسـتنزاف الأكسـجين وموت الكائنات الحية. يزداد الأمر سـوءاً عندما تفرز هذه الطحالب مواد سـامة. تنتمي الأنواع التي تفرز مواد سامة إلى الشعب التالية: البكتيريا الخضراء المزرقة، والدينوفايتات، والدياتومات.

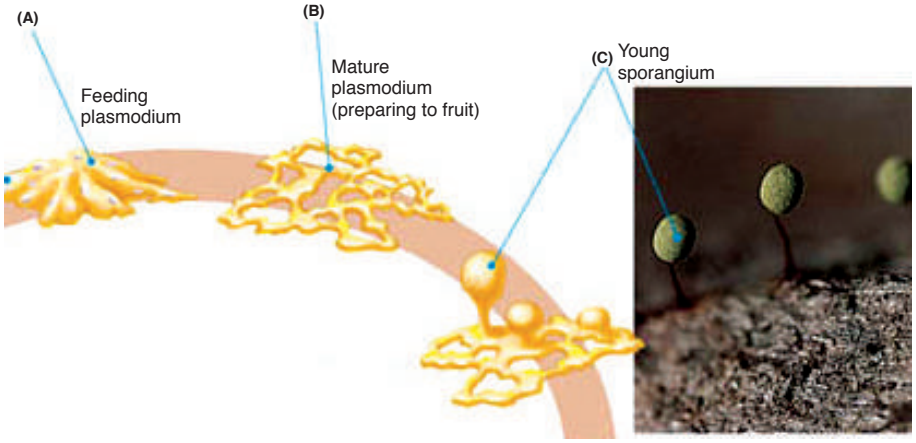
شكل 62: النمو المفاجئ الضار للطحالب Harmful Algal Blooming.

ثانياً: الأعفان اللزجة Myxomycota والأعفان البيضية Oomycota

تضم مملكة البروتستا (الطلائعيات) كائنات لا تحمل صفات محددة للنباتات أو للفطريات أوللحيوانات. مثل بعض الكائنات التي كانت تعرف في السابق على أنها مـن الفطريات وهي: الأعفان اللزجـة "Slime Molds" Myxomycota، والأعفان البيضية "Water Molds" Oomycota.

(1) شعبة الأعفان اللزجة "Division: Myxomycota "Slime Molds

تتميـز الأعفـان اللزجة بإنتاجها للحوافـظ الجرثومية والجراثيـم والتي تعتبر خصـائص تميز الفطريات (شـكل 63). لكنها تتميز أيضاً بصـفات أخرى جعلتها تصـنف تحت البروتستا وهي: عدم وجود جدار خلوي، والحركة الأميبية، والتغذية مـن خلال التهـام الجزيئـات الغذائيـة Ingestion of food particles. ومن أمثلة الأعفان اللزجة جنس فيزارم *Physarum*. وهذه الصفات المغايرة للفطريات تمثل طـوراً يعرف بالبلازموديوم، وهو عبارة عن كتلة بروتوبلازمية ليس لها جدار خلوي وتحتوي على عدد كبير من الأنوية ثنائية المجموعة الصبغية (2n). ويتعاقب طور البلازموديوم مع الطور الذي يشبه الفطريات وهو عبارة عن الحوافظ الجرثومية.



شكل 63: الأعفان اللزجة Slime molds: (A) بلازموديوم: كتلة هلامية من خلايا العفن اللزج في مرحلة التغذية والحركة الأميبية الزاحفة، (B) الطور الناضج للبلازموديوم في مرحلة الاستعداد لإنتاج أجسام ثمرية، (C) الطور الفطري: مراحل مختلفة من الحوافظ الجرثومية Sporangia الناتجة من الأجسام الثمرية.

المعيشة:

تتواجـد الأعفان اللزجة في الأماكن الرطبة التي تتواجد فيها المواد العضـوية الميتة.

الحركة والتغذية:

يمكن أن تزحف الأعفان اللزجة للأمام بمعدل يصـل إلى 2.5 سـنتيمتر أو أكثر في الساعة. وغالباً ما يكون هذا الزحف عكس اتجاه تيار الرطوبة البطيء متغذية على خلايا البكتيريا والجزيئات العضوية المحمولة في الرطوبة أثناء سيرها.

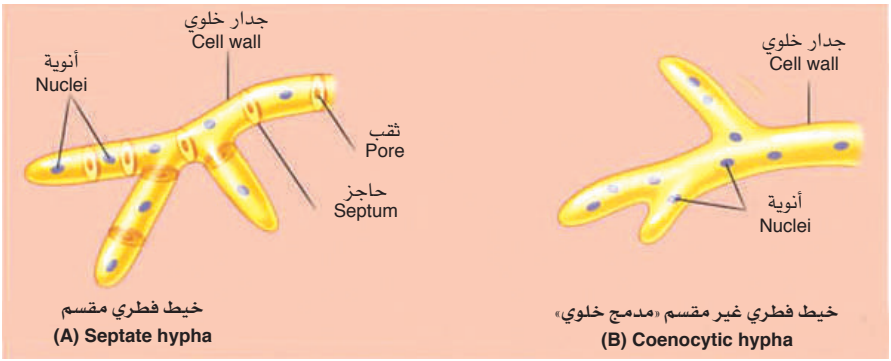
الأهمية الاقتصادية:

تلعـب الأعفان اللزجة دوراً بيئياً هاماً يشـبه البكتيريا حيث تعمل على تكسـير الجزيئات العضـوية إلى مواد بسـيطة. وتقلل أيضـاً اعداد البكتيريا في المواطن التي تعيش فيها. بعض الأنواع تسـبب أمراضـاً نباتية مثل مرض الجرب الدقيقي للبطاطس Powdery scab of potato.

(2) شعبة الأعفان البيضية "Water Molds" Division: Oomycota

تشتمل الأعفان البيضية على ثلاث مجموعات هي: أعفان الماء water molds، والصدأ الأبيض white rusts، والبياض الزغبي downy mildews.

افترضت دراسات الشكل الظاهري لهذه الكائنات أنها تنتمي إلى الفطريات حيث أن العديد من الأعفان البيضية تكون خيوط عديدة الأنوية تعرف بالزغب hyphae والتي تشبه الزغب أو الخيوط الفطرية (شكل 64).



شكل 64: تركيب الخيوط الفطرية Structure of Hyphae

(A) خيوط فطرية مقسمة، (B) خيوط فطرية غير مقسمة "مدمج خلوي".

الاختلافات بين الأعفان البيضية والفطريات

تتكون جدر الخلايا في الأعفان البيضية من السليلوز في حين أن جدر الخلايا الفطرية تتكون من عديد التسكر المعروف بالكايتين. وتحتوي خلايا الأعفان البيضية على أسواط في حين أن الفطريات تخلو من الأسوط. أثبتت الدراسات التصنيفية القائمة على البيولوجيا الجزيئية أن الأعفان البيضية لا تنتمي إلى الفطريات.

التغذية

في كل من الأعفان البيضية والفطريات تشجع النسبة العالية من المسطح على الحجم للتراكيب الخيطية "الزغب Hyphae" على امتصاص العناصر الغذائية من

البيئـات التـي تنمو فيها هـذه الأعفان. تعتبر الأعفان البيضـية غير ذاتية التغذية Heterotrophs. تحصل الأعفان البيضية على غذائها عن طريق الترمم أو التطفل.

أ- معظـم أعفـان المـاء water molds مترممات "محللات للبقايا العضـوية" في صـورة نموات زغبية كبيرة علـى الطحالب والحيوانات الميتة في المياه العذبـة غالبـاً (شـكل 65). ومن أمثلة هـذه المجموعة جنس سـابرولجنيا *Saprolegnia*.

شكل 65: أعفان الماء تعيش مترممة حيث تعمل على تحلل الحشرات والأسماك والحيوانات الأخرى الميتة في المياه العذبة.

ب- أعفان الصـدأ الأبيض white rusts، والبياض الزغبي downy mildews، متطفلات على النباتات مسـببة أمراضـاً خطيرة مثل مرض الصدأ الأبيض في كل من الكرنب، والفجل، والرجلة ويسببه جنس البوجو *Albugo*، ومرض البياض الزغبـي فـي العنـب Downy mildew of grapes ويسـببه جنس بلازموبارا *Plasmopara*.

التكاثر في الأعفان البيضية

تكاثر لاجنسي

عن طريق تكوين حوافظ جرثومية تحتوي على عدد كبير من الجراثيم السابحة، وكل جرثومة سابحة مزودة بسوطين جانبيين متضادي الاتجاه أحدهما أملس والآخر ريشي.

تكاثر جنسي:

عـن طريق تكوين الأنثريدات (أعضـاء التذكير) والأوجونات (أعضـاء التأنيث) (شكل 66).

شكل 66: الأعفان البيضية: خيط فطري غير مقسم يحمل أوجونه تمزق جدارها ويظهر عدد من البيضات المحررة.

البوجو *Albugo*

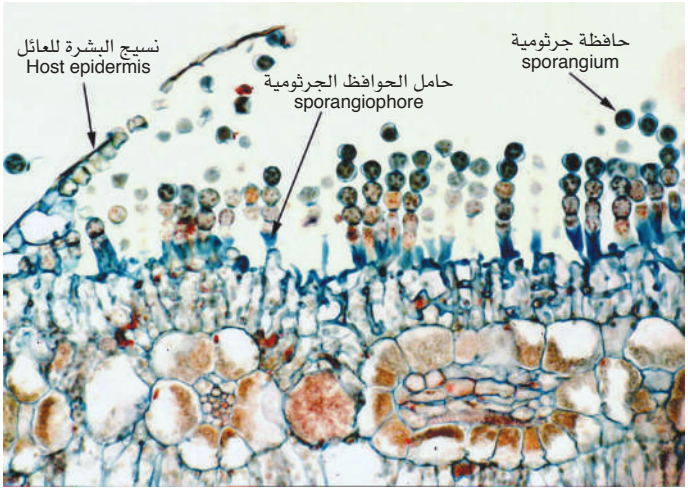
ينتمى جنس البوجو إلى الأعفان البيضية المتطفلة، حيث يتطفل تطفلاً إجبارياً علـى بعض النباتات مثل الكرنب، والفجل، والرجلة مسـبباً مرض الصـدأ الأبيض white rusts. تشـمل أعراض مرض الصدأ الأبيض ظهور بثرات بيضاء اللون على أوراق وسـيقان النباتات المصـابة التي تنفجر بعد ذلك لتتكون بقع دقيقية. تتغلغل الخيوط الفطرية بين خلايا العائل وترسـل ممصات تخترق خلايا النبات المصاب وتتفرع لتمتص الغذاء من نسيج العائل.

التكاثر في جنس البوجو *Albugo*

التكاثر اللاجنسي

يحدث التكاثر اللاجنسي عن طريق تكوين حوافظ جرثومية محمولة على حوامل مرتبة في صفوف رأسية. تنشأ هذه الحوافظ الجرثومية في تعاقب قمي، حيث تكون أصغر الحوافظ عند طرف الحامل، وأكبرها في قمة السلسلة (شكل 67).

بتزايد تكوين الحوافظ تتمزق بشرة الورقة من الداخل وتتحرر الحوافظ الجرثومية وتنتشر. في الظروف الرطبة تنتج الحوافظ الجرثومية جراثيم سابحة وعندما تستقر تفقد أهدابها وتنبت لتكون خيوطاً فطرية. وفي الظروف الجافة فإن الحوافظ الجرثومية تسلك مسلك الجراثيم الكونيدية حيث تنبت مباشرة لتعطي خيوطاً فطرية جديدة.



شكل 67: البوجو: أحد أجناس الأعفان البيضية المتطفلة. وتظهر حوامل الحوافظ الجرثومية والحوافظ الجرثومية مترتبة في سلاسل في تعاقب قمي. كذلك تظهر أنسجة العائل: البشرة الممزقة والنسيج الوسطي الذي يتخلله الخيوط الفطرية للألبوجو.

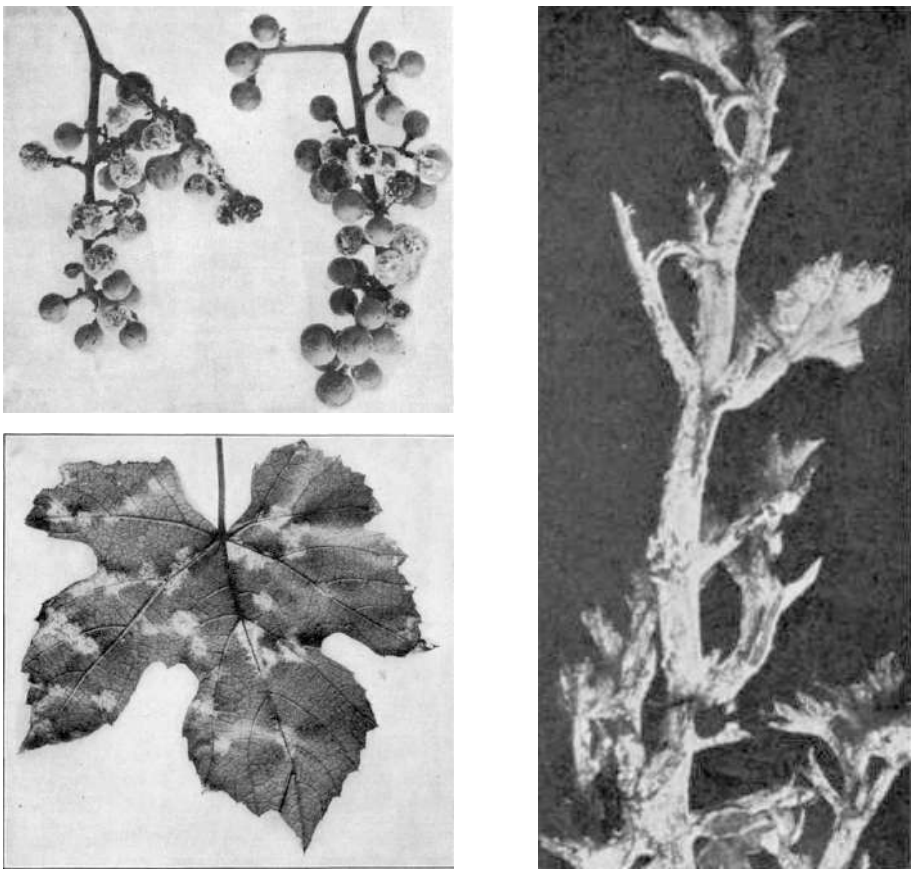
التكاثر الجنسي

تحتـوي الأوجونة الناضـجة على بيضـة واحـدة. وبالقرب من الأوجونة تنشـأ الأنثريـدة حيـث تحتوي علـى عدد مـن الأنوية المذكرة. ترسـل الأنثريـدة أنبوبة إخصـاب تختـرق الأوجونـة وتمر خلالها محتويـات الأنثريدة. يتحـد أحد الأنوية المذكرة مع نواة البيضـة ويتكون الزيجوت. يحاط الزيجوت بجدار سـميك متعرج ويسمى بالجرثومة البيضية Oospore.

تظل الجرثومة البيضية ساكنة داخل أنسجة النبات وعندما تتحلل تلك الأنسجة تتحرر الجراثيم البيضـية السـاكنة، وعند تحسن الظروف البيئية تبدأ في الإنبات ليخرج منها كيس رقيق الجدار يتكون داخلة عدد كبير من الجراثيم السـابحة التي تستطيع أن تسبب إصابات جديدة للنبات.

جنس بلازموبارا *Plasmopara*

جنس بلازموبارا من الأعفان البيضية المتطفلة تطفل إجباري على نبات العنب حيـث تسـبب له مرض البياضـ الزغبي Downy mildew. تبدأ أعراض الإصـابة بظهور بقع صـفراء باهتة على السـطح العلوي للورقة، بعد ذلك يظهر على السطح السفلي للأوراق بياض زغبي يتكون من خيوط فطرية متفرعة غير مقسمة عديدة الأنوية تنتشر بين خلايا العائل وترسل ممصات تخترق الخلايا للوصول إلى المادة الغذائية. وتظهر الإصابة على الأوراق والسيقان والثمار لنبات العنب (شكل 68).



شكل 68: عفن بلازموبارا *Plasmopara* المسبب لمرض البياض الزغبي في العنب.

الفصل التاسع
مملكة الفطريات
Kingdom: Fungi

سـوف نتناول بالتفصـيل ثلاثة أمور هامة عن مملكة الفطريات وهي: الصفات العامـة للفطريـات، والتنـوع من حيث أهم الشـعب والأجناس المميـزة للفطريات والأهمية الاقتصادية لكل منها، وتعايش الفطريات مع الكائنات الحية الأخرى.

أولاً: الخصائص العامة لمملكة الفطريات General Characteristics of Fungi

تعتبر الفطريات من الكائنات حقيقية النواة، معظمها عديدة الخلايا في صورة كتل من الخيوط أو الغزل الفطري "Hyphae (singular, hypha)". بعض الخيوط الفطرية مقسـمة إلى خلايا بواسطة حواجز داخلية «septa». والبعض الآخر غير مقسـم أي يفتقد تلك الحواجز ويعرف بالمدمج الخلوي (راجع شـكل 64). حيث يعتبـر الخيـط الفطرى كخلية واحـدة تحتوي على العديد من الأنوية وسـيتوبلازم عام. وتعرف جميع الخيوط الفطرية المكونة للكائن الواحد في مجملها بالميسيليم mycelium .بعض الفطريات المعروفة بالخمائر تعتبر وحيدة الخلية.

جميع الفطريات غير ذاتية التغذية وهي إما مترممة saprophytes، أو متطفلة parasites، وجميعها غير متحركة أي لا تحتوي على أسواط في أي طور من أطوار حياتها. يتكون الجدار الخلوي في الفطريات من الكايتين «مركب عضوي معقد من عديد السكريات» الذي لا يوجد مطلقاً في النباتات. عادة ما تظهر أعضاء التكاثر فوق السـطح في حين تنمو الميسـليم تحت السطح، تنتج الفطريات الجراثيم أثناء التكاثر الجنسي واللاجنسي.

يحدث التكاثر اللاجنسي في الظروف البيئية المناسبة، وينتج عنه تكوين أنواع مـن الجراثيم مثل الجراثيم غير المتحركة داخـل الحوافظ الجرثومية، والجراثيم

الكونيدية غير محاطة بحافظة جرثومية ومحمولة على حوامل خاصة. أما التكاثر الجنسي فيحدث في الظروف البيئية غير المناسبة وينتج عنه تكوين أنواع من الجراثيم مثل الجراثيم الأسكية، والجراثيم البازيدية. وتعتبر الجراثيم وسيلة انتشار الفطريات من مكان لآخر، والبعض من الجراثيم يستطيع المعيشة تحت الظروف القاسية مثل الجفاف والبرودة.

الأهمية الاقتصادية للفطريات Importance of Fungi

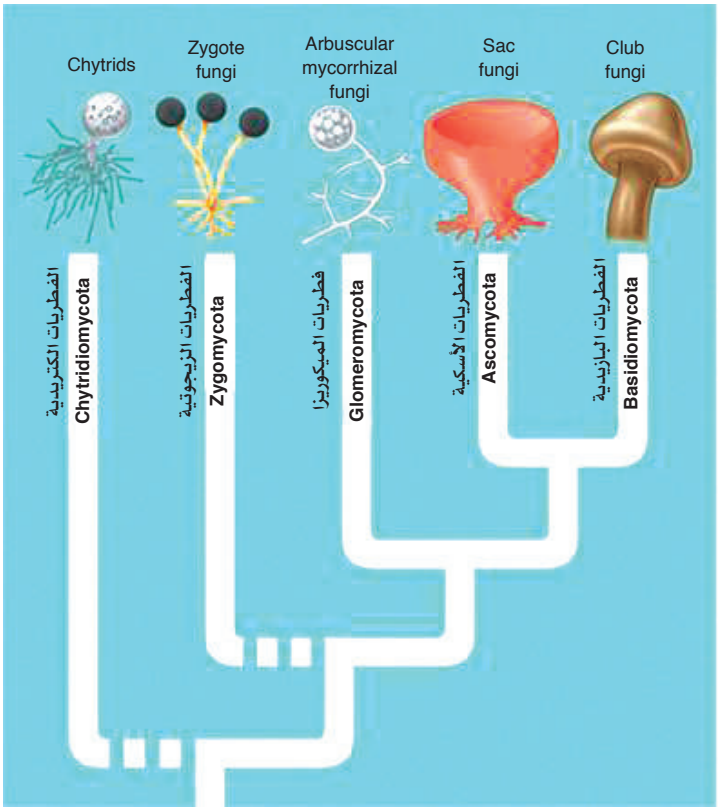
تستخدم بعض الفطريات كغذاء للإنسان ويدخل البعض الآخر في الصناعات الغذائية الهامة كالخبز والأجبان. الفطريات بطبيعتها تمتلك قدر هائل من الإنزيمات التي لها القدرة على تحليل المواد العضوية من بقايا نباتية وحيوانية وإعادة تدوير العناصر المعدنية وبالتالي زيادة خصوبة التربة. استغلت هذه المقدرة الإنزيمية في مجال التقنية الحيوية. تلعب الفطريات دوراً رئيساً في العديد من الصناعات لإنتاج العديد من المركبات مثل الأحماض العضوية، والكحولات، والمضادات الحيوية، والعقاقير المثبطة للمناعة، وبعض المركبات المخفضة للكوليسترول، والهرمونات، والإنزيمات وغيرها من المركبات ذات القيمة الطبية والاقتصادية العالية. تستخدم بعض الفطريات في المقاومة الحيوية ضد الحشرات والحشائش والديدان الثعبانية وحتى بعض الفطريات الضارة.

تسبب الفطريات الضارة العديد من الأمراض للإنسان والحيوان والنبات. كما أنها تلعب دوراً كبيراً في فساد الأغذية والأقمشة وغير ذلك. تفرز بعض الفطريات مركبات سامة (السموم الفطرية) تسبب أمراضاً خطيرة للإنسان كالأورام السرطانية.

ثانيا: التنوع في الفطريات Diversity of Fungi

تضم الفطريات أربع شعب رئيسية هي: الفطريات الكتريدية Chytridomycota، والفطريات الزيجوتية Zygomycota، والفطريات الأسكية "الزقية" Ascomycota، والفطريات البازيدية Basidiomycota.

تشير بعض الدراسات التطورية إلى اعتبار الفطريات المصاحبة للجذور والمعروفة بالميكوريزا شعبة مستقلة Glomeromycota، وبذلك تقسم الفطريات إلى خمس شعب (شكل 69)، لكننا في هذا الكتاب سوف نشير إلى فطريات الميكوريزا في نهاية هذا الفصل، في الجزء الخاص بتعايش الفطريات مع بعض الكائنات الحية الأخرى.



شكل 69: العلاقات التطورية بين المجموعات الرئيسية للفطريات.

وسوف ندرس الشعب الرئيسية لمملكة الفطريات وبعض الأجناس الممثلة لكل شعبة وفقاً للتصنيف التالي:

مملكة: الفطريات Kingdom: Fungi

شعبة: الفطريات الكتريدية Division: Chytridiomycota

جنس: سنكتريوم *Synchytrium*

شعبة: الفطريات الزيجوتية Division: Zygomycota

جنس: عفن الخبز "ريزوبس" *Rhizopus*

جنس: ميوكر *Mucor*

شعبة: الفطريات الأسكية (الزقية) Division: Ascomycota

جنس: خميرة *Saccharomyces*

جنس: بيزيزا *Peziza*

جنس: بنسيليوم *Penicllium*

جنس: أسبرجلس *Aspergillus*

جنس: فطرة الكمأة *Terfezia*

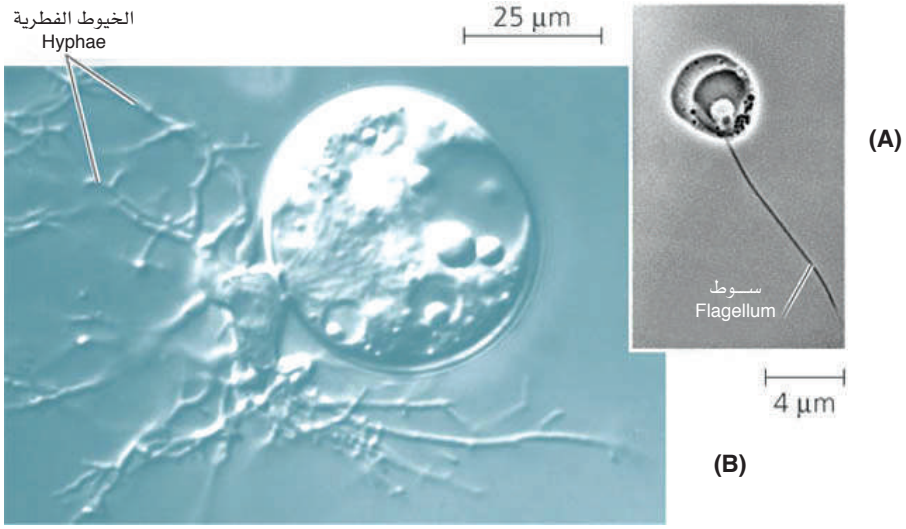
شعبة: الفطريات البازيدية Division: Basidiomycota

جنس: صدأ القمح *Puccinia graminis*

جنس: عيش الغراب *Agaricus bisporus*

(1) شعبة الفطريات الكتريدية "Chytrids" Chytridiomycota

أبسط أنواع الفطريات وتتميز باحتوائها على جراثيم متحركة تحتوي على أسواط تعرف بالجراثيم السابحة zoospores (شكل 70)، وهذه صفة مغايرة عن الفطريات، ولكن تؤكد دراسات البيولوجيا الجزيئية لتعاقب نيوكليتيدات الحمض النووي بأن الكتريديات تتبع مملكة الفطريات. يحتوي الجدار الخلوي للكتريديات على الكايتين. بعض الكتريديات تكون مستعمرات من الخيوط الفطرية، والبعض الآخر يبقى في صورة خلايا مفردة كروية.



شكل 70: الفطريات الكتريدية: (A) الجراثيم السابحة، (B) الجسم الثمري والخيوط الفطرية.

تتواجد الفطريات الكتريدية في البحيرات وفي التربة الرطبة. تشمل أفراداً كثيرة متطفلة على الأحياء المائية مثل الفطريات المائية، والنباتات الزهرية المائية. وبعضها يتطفل على حبوب اللقاح، والقليل منها يتطفل على نباتات راقية مثل فطر سنكتريوم اندوبيوتيكم *Synchytrium endobioticum* والذي يتطفل على نبات البطاطس ويتسبب في مرض يسمى التثأل الأسود. البعض الآخر منها مترمم على الطحالب الميتة، وبقايا الحيوانات الميتة في الماء.

تتكاثر الكتريديات لاجنسياً من خلال إنتاج جراثيم سابحة. أما التكاثر الجنسي فغير معروف في كثير من الكتريديات. بعض الكتريديات تتكاثر جنسياً بعدة طرق مختلفة من خلال إنتاج جاميتات متشابهة في الحجم والشكل (Isogamy)، أو من خلال إنتاج جاميتات مذكرة متحركة وتراكيب خاصة تحمل الجاميتات المؤنثة (Oogamy)، واللاقحة الناتجة من التكاثر الجنسي تتحول إلى جرثومة كامنة.

تتميز هذه الفطريات بالحجم المجهري الذي يتكون من خلية واحدة أو كتلة صغيرة متعددة الأنوية أو ميسيليوم حقيقي الذي يستطيع تكسير المواد السيليلوزية وحتى الكيراتينية. هذه الفطريات لها دورة حياة معقدة تتضمن أربع أنواع من الأبواغ المتميزة تطوريا.

(2) شعبة الفطريات الزيجوتية

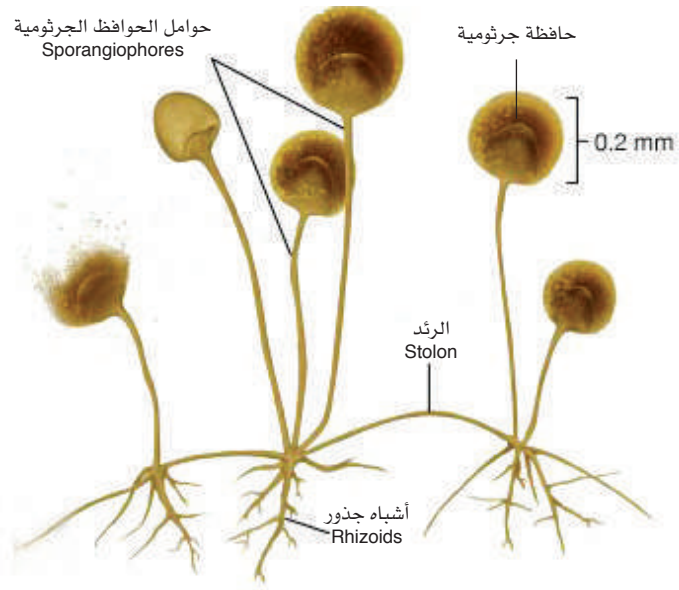
Division: Zygomycota "Coencytic fungi"

معظـم الفطريات الزيجوتية تكون خيوطاً متفرعة وغير مقسـمة تعرف بالمدمج الخلوي. تتكاثر لاجنسياً في الظروف البيئية المناسبة عن طريق جراثيم غير متحركة تكونت داخل حوافظ جرثومية. تنشط الظروف البيئية غير المناسبة التكاثر الجنسي الذي يتم بين أعضـاء تكاثرية تنتج جاميتات متشـابهة، عندما تندمج تنتج اللاقحة التـي تفرز حول نفسـها جداراً سـميكاً وتعرف بالجرثومـة الزيجوتية Zygospore. تسـتطيع الجراثيم الزيجوتية مقاومة الظروف السـيئة. عند تحسـن الظروف تنبت الجرثومـة الزيجوتية لتكون خيطاً جديداً ينتهى بحافظة جرثومية. تعيش الفطريات الزيجوتيـة معيشـة مترممة على المواد العضـوية، ومن الأمثلة الشـهيرة فطر عفن الخبز *Rhizopus*. والبعض منها يعيش مترمم على روث الحيوانات "Dung Fungi". والقليـل من الفطريـات الزيجوتية متطفلة مثل جنس ميوكر *Mucor*، والذي يسـبب أمراضاً للإنسان والحيوان والنبات، وبعض الفطريات الزيجوتية لها أهمية اقتصادية.

فطر عفن الخبز *Rhizopus nigrigans*

فطـر عفن الخبز من الفطريات الزيجوتية المترممة ويسـمى بالعفن الأسـود، تنتشـر جراثيمه بكثرة في الهواء. وتنبت الجراثيم على أي وسـط غذائي. إذا بللت قطعة خبز بالماء وتركتها عند درجة حرارة مناسـبة لعدة أيام، بعدها تلاحظ نمو فطري على هيئة خيوط تميل إلى البياض بعد فترة تتحول إلى اللون الأسود نتيجة تكون الحوافظ الجرثومية.

الغـزل الفطري عبارة عـن خيوط متفرعة غير مقسـمة تتميز إلى جزء زاحف يمتد فوق سـطح المادة العضـوية ويعرف بالرئد stolon وتخرج منه أشـباه جذور rhizoids متفرعة تتغلغل في الوسـط الغذائي لتثبت الخيوط الفطرية ولامتصاص الغذاء. أمام كل مجموعة من أشـباه الجذور تخـرج مجموعة من الخيوط الهوائية غير المتفرعة يحمل كل خيط في نهايته حافظة جرثومية. تعرف الخيوط الرأسية بحوامل الحوافظ الجرثومية Sporangiophores (شكل 71).



شكل 71: فطر عفن الخبز *Rhizopus*.

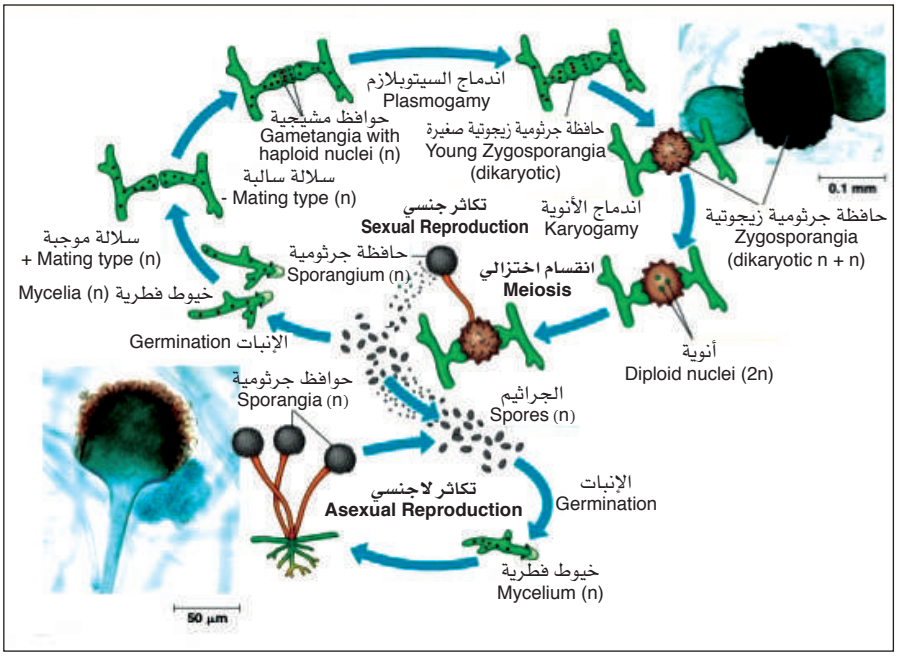
التكاثر اللاجنسي في فطر عفن الخبز *Rhizopus*

تتكـون الحوافـظ الجرثوميـة في نهاية الخيـوط الهوائية على هيئـة انتفاخات صغيرة تتجمع فيها الأنوية وكمية من السيتوبلازم ثم يتكون جدار مستعرض يفصل الحافظـة عن بقية الخيط، يبرز الجدار المسـتعرض إلـى الداخل مكونا ما يعرف بالعويمد. عند نضج الحوافظ تتكون بداخلها أعداد كبيرة من الجراثيم التي تضغط على جدار الحافظة الذي يتمزق وتتحرر الجراثيم وتنتشر في الهواء. عندما تسقط الجراثيم على وسط مناسب تنبت مكونة خيوطاً فطرية جديدة (شكل 72).

التكاثر الجنسي في فطر عفن الخبز *Rhizopus*

عندما تسـوء الظروف البيئية ينشط التكاثر الجنسي التزاوجي، حيث يتقارب خيطان «من سلالتين مختلفتين» ويكون كل منهما فرعاً جانبياً ينتفخ طرفة ويسمى بالحافظة المشـيجية الأولية Progametangium. يتكون جدار مسـتعرض يفصل الحافظة المشـيجية الأولية عن باقي الخيط وعندئذ تسمى بالحافظة المشيجية Gametangium. عندمـا تتلامـس الحافظتـان تـذوب منطقة التلامـس وتندمج

محتويات الحافظتين ويتكون الزيجوت. يفرز الزيجوت حول نفسه جداراً سميكاً ويسمى بالجرثومة الزيجوتية Zygospore والتي تستطيع مقاومة هذه الظروف. عندما تتحسن الظروف تنبت الجرثومة الزيجوتية لتكون خيطاً جديداً ينتهى بحافظة جرثومية (شكل 72).



شكل 72: دورة حياة فطر عفن الخبز "ريزوبس *Rhizopus*"

توضح التكاثر اللاجنسي والتكاثر الجنسي.

الأهمية الاقتصادية للفطريات الزيجوتية

Importance of Zygomycota

تستخدم أنواع من أعفان الخبز مع فول الصويا لإنتاج أنواع من الأغذية. بعض أنواع الفطريات الزيجوتية تستخدم في الصناعات الدوائية وإنتاج الكحول. بعض الأنواع تعمل على إعادة العناصر الغذائية من المركبات العضوية المعقدة الموجودة في روث البهائم إلى التربة مرة أخرى، حيث تنتمي معظم الفطريات التي تعيش على روث الحيوانات "Dung Fungi" إلى الفطريات الزيجوتية.

(3) شعبة الفطريات الأسكية «الزقية»

Division: Ascomycota"Cup fungi"

تتنــوع الفطريات الزقية في الحجم وفي التعقد من فطريات وحيدة الخلية مثل فطــر الخميرة لا تكـون خيوط فطرية إلى فطريات عديــدة الخلايا تتميز بخيوط فطرية متفرعة ومقسمة بحواجز داخلية تحتوي على ثقوب.

التكاثر اللاجنســي فــي الفطريات الزقية عديدة الخلايا شــائع ويرتبط بإنتاج الكونيديــات، وهــي عبارة عن جراثيم غير متحركة تنتج خارجياً أي لاتحاط بجدار حافظــة جرثوميــة أو أكياس وإنما تتكون في سلاســل على هيفات هوائية تســمى الحوامــل الكونيديــة. قد تكون الحوامل الكونيدية مقســمة ومتفرعة عند أطرافها مثل فطر البنسيليوم، أو غير مقسمة وغير متفرعة كما في فطر الأسبرجللس، أما في الخمائر فتتكاثر لاجنسياً عن طريق التبرعم.

والصــفة المميزة للفطريات الزقية هي إنتاج الجراثيم خلال التكاثر الجنســي داخل زق أو كيس "ascus" جمعها أكياس "Asci". يحتوي كل كيس عادة على 8 أو 4 جراثيم تعرف بالجراثيم الأسكية أو الجراثيم الزقية Ascospores.

تحدث مراحل التكاثر الجنســي داخل أجســام ثمرية تعرف بالأجســام الثمرية الزقية ascocarps (شــكل 73) والتي تحتوي على العديد من الأكياس الجرثومية Asci مرتبة في صفوف يتخللها خيوط عقيمة.

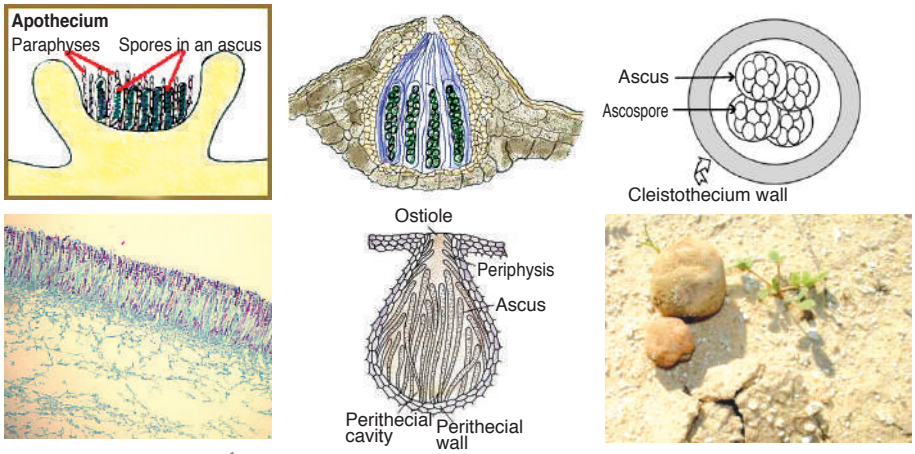
شكل 73: الأجسام الثمرية الأسكية "الزقية" Ascocarps.

تشـتمل الفطريات الزقية على فطريات متطفلة تسبب أمراضاً مدمرة للنباتات مثل البياض الزغبيpowdery mildews، والتعفن البني للفاكهة brown fruit rot. والعديد من الفطريات الزقية مترممات saprophytes تتغذى على البقايا العضوية الميتـة وبخاصـة بقايـا النباتات. تعمـل هذه المترممـات على تكسـير المركبات العضويه الثابتة كيميائيا بما في ذلك اللجنين والسيليلوز.

أكثر من 40% من الفطريات الزقية تعيش معيشة تكافلية مع أنواع من الطحالب الخضراء أو مع أنواع من البكتيريا الخضراء المزرقة، تعرف هذه الكائنات بالأشن Lichens. أنـواع أخـرى من الفطريات الزقية تعيش بين خلايا النسـيج الوسـطي للأوراق حيث تفرز مواد سامة تحافظ علىالنباتات من الإصابة الحشرية.

الأجسام الثمرية للفطريات الأسكية

تأخذ الأجسام الثمرية الأسكية عدة أشكال فقد تكون على هيئة كرة مغلقة، أو على هيئة قارورة، أو على هيئة طبق (شكل 74).



كأسية Apothecium
(*Peziza*)

قارورية Perithecium
(*Clavicaps*)

كروية مغلقة Cleistothecia
(الفقع *Terfezia*)

شكل 74: أشكال الثمرة الأسكية Ascocarp.

الثمار الأسكية الكروية المغلقة Cleistothecia

وهـي عـادة كروية الشـكل وليس لهـا فتحة للخارج وتكـون الأكياس الأسـكية Ascus مبعثرة داخل هذا النوع من الثمار، ولابد من تحلل جدار الثمرة حتى تنتشر الجراثيم، لذلك فغالباً ما تكون هذه الثمار ذات جدر رقيقة، ومثال على ذلك الفقع أو الكمأة وهي من الأجسام الثمرية التي تؤكل وتعرف بالانجليزية Desert truffles وتتبع جنس *Terfezia* وجنس *Tirmania* .

الثمار الأسكية القارورية Perithecia

كمثرية الشكل أو على شكل قارورة مستطيلة لها عنق وتفتح للخارج عند النضج بفتحـة علوية ضـيقة تسـمى Ostiole. وتكـون الأكياس الأسـكية بداخلها مرتبة، ومتوازية، ومثال على ذلك فطريات جنس *Claviceps* .

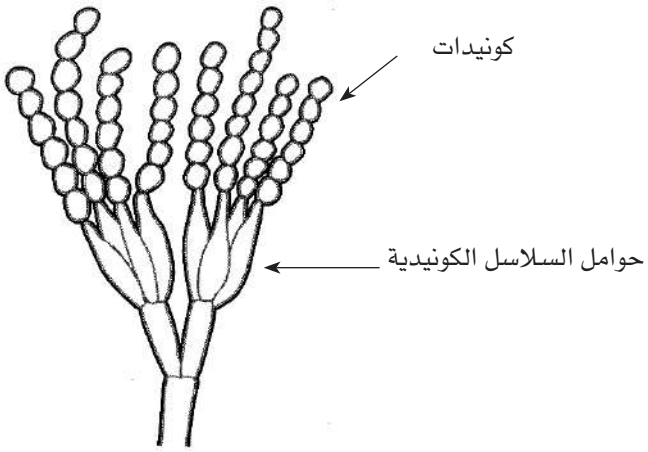
الثمار الأسكية القرصية المكشوفة Apothecia

قرصية أو كأسية الشكل ذات تجويف مبطن بطبقة من الأكياس الأسكية مرتبة بشكل متوازي على سطحها مثال على ذلك فطريات جنس *Peziza* .

فطر البنسليوم *Penicillium*

فطر البنسليوم من الفطريات المترممة، ذات الخيوط المقسمة والمتفرعة. يكون فطر البنسليوم حوامل كونيدية مقسمة ومتفرعة تنتهي بسلاسل كونيدية (شكل 75). ينمو هذا الفطر على الفواكه المتعفنة خصوصاً الليمون والبرتقال.

ينتج هذ الفطر المضاد الحيوي المسمى باسم الفطر وهو البنسلين. ويدخل فطر البنسليوم في صناعة الجبن الأزرق أو جبن الركفورد حيث ينمو على اللبن ويفرز كثير من الأحماض الدهنية التي تعطي هذا النوع من الجبن الطعم والرائحة المميزة، والمناطق الزرقاء التي تظهر على هذا النوع من الجبن ما هي إلا الجراثيم الكونيدية للفطر.

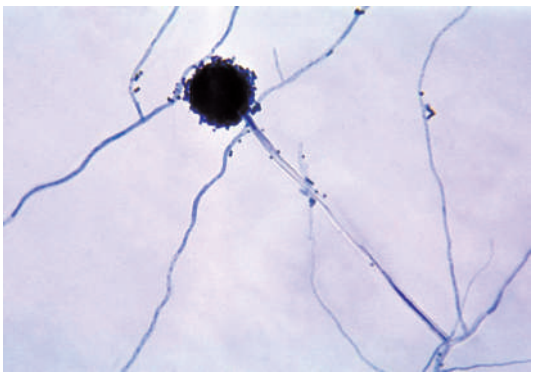


شكل 75: فطر البنسليوم *Penicillium*.

فطر الأسبرجلس *Aspergillus*

يعتبر فطر الأسبرجلس من أوسع الفطريات انتشاراً في الطبيعة، حيث توجد جراثيم الفطر في التربة والهواء. يضم جنس اسبرجلس حوالي 200 نوع، أغلبها مترمم وبعض الأنواع متطفل يسبب أمراضاً للإنسان والحيوان والنبات. تنمو الأنواع المترممة على أي وسط غذائي. فينمو على البقايا النباتية والحيوانية الرطبة، وينمو الكثير من أنواعه على الخضروات والفواكه، واللحوم وغيرها من المواد الغذائية أثناء تسويقها مسبباً تعفنها. كما يؤدى إلى تلف الجلود والملابس والأوراق إذا ما تعرضت للرطوبة والحرارة الملائمة لنمو الفطر.

يتميز الغزل الفطري للأسبرجلس بأنه غزير النمو، متفرع، مقسم داخلياً إلى خلايا، وتحتوي كل خلية على عدد من الأنوية . يخرج من الخيوط الفطرية الزاحفة خيوط فطرية هوائية غير متفرعة وغير مقسمة تعرف بالحوامل الكونيدية Conidiophores. ينتهي الحامل الكونيدي بانتفاخ مستدير يعرف بالحويصلة Vesicle وهي عديدة الأنوية ينبثق منها عدد كبير من الزوائد القصيرة تعرف بالذنيبات، ويحمل كل ذنيب سلسلة من الجراثيم الكونيدية التي تنتظم في تعاقب قمي Acropetal succession أي ان الكونيدات المسنة تكون بعيدة عن الذنيب والحديثة قريبة منه (شكل 76).

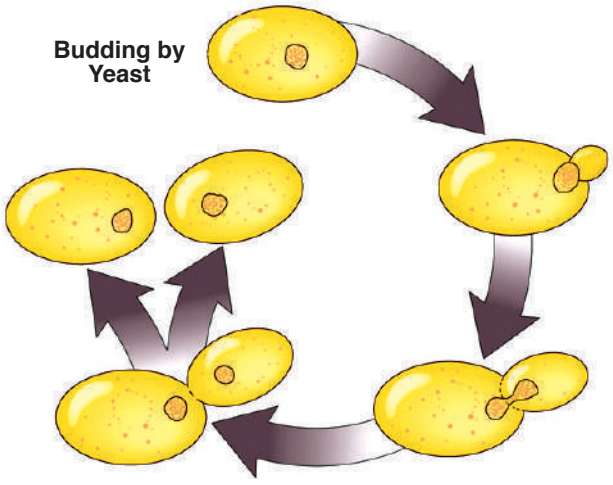


شكل 76: فطر الأسبرجلس *Aspergillus*.

فطر الخميرة *Saccharomyces cerevisiae*

تنتمي الخمائر Yeasts إلى الفطريات الأسكية وحيدة الخلية (شكل 77). تتواجد عادةً على سطح النباتات وخصوصاً على سطح الفواكه، وتنمو على المحاليل السكرية في عملية تعرف بالتخمر، وينتج عن ذلك تكون الكحول وثاني أكسيد الكربون. يتركب فطر الخميرة من خلية وحيدة يحدها جدار سميك يعرف بالجدار الخلوي يعطى للخلية صلابة وبداخل الخلية نواة كبيرة تحتوي على كروموسومات الخلية. ويظهر السيتوبلازم محبباً خصوصاً في الخلايا البالغة وتتكون هذه الحبيبات من الدهون والجليكوجين.

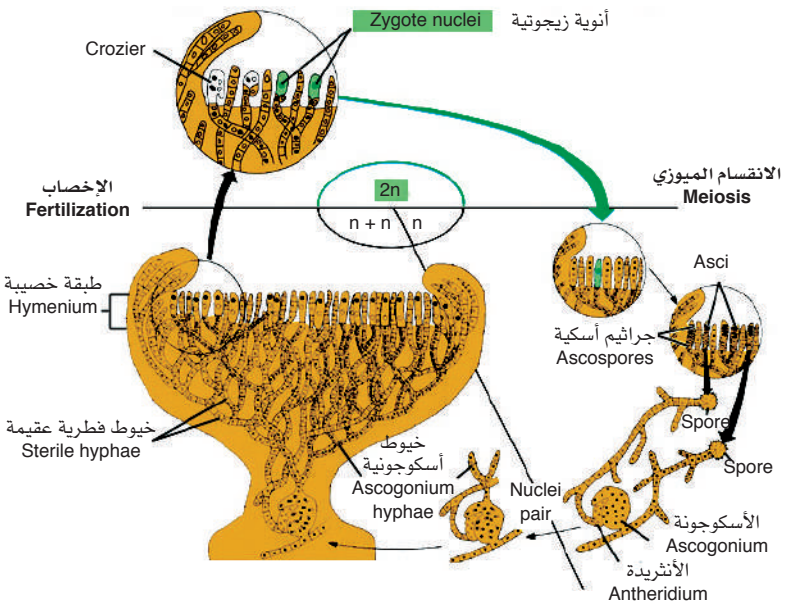
يحدث التبرعم عندما يكون الفطر موجوداً في وسط غني بالمواد السكرية، ويتم هذا التكاثر عن طريق تكوين نتوء صغير على شكل برعم في جدار الخلية وتنقسم النواة إلى نواتين تظل إحداهما في الخلية الاصلية بينما تهاجر الأخرى إلى البرعم الذي سرعان ما يكبر في الحجم حتى يصل إلى حجم الخلية الأصلية ومن ثم ينفصل تاركاً ندبة صغيرة في الخلية الأم تسمى ندبة البرعم Bud scar، وندبة في الخلية البنت تسمى ندبة الولادة Birth scar. (شكل 77). يمكن مشاهدة هذه الندب بواسطة الميكرسكوب الالكتروني، ومن الجدير بالذكر أن عدد الندب الموجودة على الخلية تمثل عدد المرات التي حدث فيها التبرعم.



شكل 77: التكاثر اللاجنسي (التبرعم) في فطر الخميرة *Saccharomyces*.

التكاثر الجنسي

تتكاثـر بعضـ أنواع الفطريات الزقية جنسـياً عن طريق تكويـن أكياس تحتوي علـى جراثيم أسـكية. تنتـج الأنثريدات (الأعضـاء المذكرة) علـى بعض الخيوط الفطرية والأسكوجونات (الأعضاء المؤنثة) على خيوط فطرية أخرى. يبدأ التزاوج عندمـا يتقارب خيطين مـن الخيوط الفطرية لسـلالتين مختلفتيـن لنفس النوع. تهاجر الأنوية المذكرة إلى الأسـكوجونة وتتكون خيوط أسـكوجونية ثنائية الأنوية تنتهى بتكوين الأكياس الزقية في كل منها نواتين. عند النضج تتحد نواتين الكيس الزقـي مكونـة نواة ثنائيـة العدد الكروموسـومي 2n «نواة زيجوتية». تنقسـم هذه النواة الزيجوتية اختزالياً مكونة 4 أنوية أحادية العدد الكروموسـومى "n"، ويمكن أن يحدث انقسـام ميتوزي وتتكون 8 أنوية، تتجمع الخيوط الأسكوجونية والأكياس الزقية داخل الجسم الثمري Ascocarp كما ذكر سابقاً. تحاط الأنوية بجدر خلوية منتجة الجراثيم الزقية. عند النضـج تنتشـر الجراثيم في الهواء، وتنبت الجراثيم وتعاد دورة الحياة (شكل 78). أما في الخمائر فتتكون أكياس زقية مفردة لا تتجمع وتكون جسم ثمري.



شكل 78: دورة حياة الفطريات الزقية.

الأهمية الاقتصادية للفطريات الزقية Importance of Ascomycota

1 – الأجسام الثمرية البعض منها يؤكل لاحتوائها على نسبة عالية من البروتين مثـل فطر الكمـأة أو الفقـع أو الترفاس كما يطلق عليها فـي بلدان عربية، وتعرف بالإنجليزية بالمورشيلا Morchella، والترافل truffle (شكل 79).

ولفطر الكمأة أهمية طبية في علاج أمراض العين. وقد روى البخاري ومسـلم عن سـعيد بن زيد رضـي الله عنه أن رسول الله صلى الله عليه وسلم قال: «الكمأة من المن وماؤها شفاء للعين».

فطر الترافل Truffle

فطر الكمأة (الفقع) Desert Truffle

فطر مورشيلا Morchella

شكل 79: أجسام ثمرية من الفطريات الزقية.

تنتـج فطريات الكمـأة في وقت التكاثر أجسـام ثمرية قد تصـل لحجم درنات البطاطـس. تعتبر فطريات الكمأة truffles مثـل فطريات الميكوزيزا الخارجية أي تنمو مصاحبة لجذور بعض النباتات، لذلك تتواجد هذه الأجسام الثمرية ملاصقة لجـذور النباتـات التي تتعايش معهـا. وهناك بعض الآراء تـرى أن فطريات الكمأة مـن الفطريات المترممـة التي تنمو خيوطها تحت سـطح التربة على عمق حوالي 50 سـم، وفـي وقت التكاثـر تتكون الثمرة الزقيـة التي تكون مغلقة عند نضـجها، ويتصـل الجانب الأسـفل من الثمرة بالتربة عن طريق ما يسـمى بالسـرة والسطح الخارجـي للثمرة الزقيـة أملس غير مغطى ببروزات. وتحتـوي الثمرة داخلها على أكياس زقية يحتوي كل منها على 4 إلى 8 جراثيم زقية كروية أو بيضـاوية. ويمكن الجمع بين هذين الرأيين بأن فطريات الكمأة من الفطريات التي قد تتنوع في طرق الحصـول على غذائها، فقد تكون مترممة، وأما إذا توفرت جذور نباتات مصاحبة

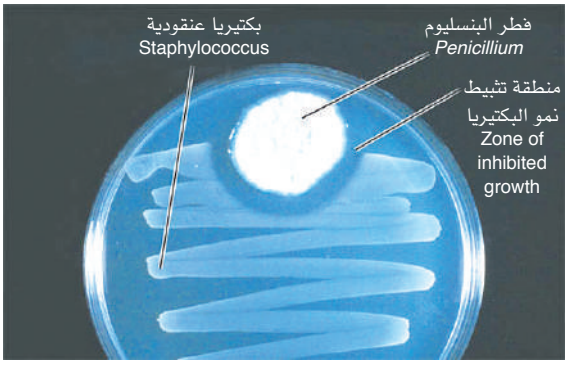
تتعايش معها فتنمو بشكل أفضل. ومما يؤيد تعايش الكمأة أو الفقع مع جذور بعض النباتات ما لوحظ في صحاري دولة الكويت من تواجد الفقع مصاحباً لجذور نبات الرقروق *Heleanthemum spp*، ويظهر الفقع في مواسم معينة لفترات قصيرة غالباً عندما تتساقط الأمطار الموسمية في أوائل فصل الشتاء.

2- تستخدم الفطريات الزقية في العديد من الصناعات:

أ - تستغل بعض أنواع من الخمائر في عملية التخمر الكحولي للنباتات النشوية كالبطاطس والمواد السليلوزية مثل الخشب والمواد السكرية. والتخمر الكحولي هو عملية تحويل السكريات الأحادية مثل الجلوكوز والفركتوز إلى كحول وثاني أكسيد الكربون وذلك بمساعدة مجموعة من الإنزيمات التي تنتجها خلية الخميرة، وينتج من هذة العملية طاقة تستغلها الفطريات في القيام بنشاطها الأيضي.

ب - تستعمل مزارع الخميرة في صناعة الخبز لما لها من قدرة على إنتاج ثاني أكسيد الكربون والذي يعمل على انتفاخ الخبز. وذلك عن طريق إفراز إنزيم Dyastase الموجود في الخميرة لتحويل جزء من النشا إلى سكر وتعمل الخميرة على تخمير هذا السكر فيتصاعد ثاني أكسيد الكربون.

ج - تستخدم أنواع أخرى في إنتاج مضادات حيوية مثل فطر البنسليوم في إنتاج البنسلين «أول مضاد حيوى أكتشف» (شكل 80). كما تستخدم الخمائر لمعالجة بعض أمراض الجلد وأمراض الأمعاء.



شكل 80: تثبيط فطر البنسليوم لنمو البكتيريا.

3- بعض الفطريات الزقية متطفلة تسبب أمرضاً:

أ - بعض الأنواع الفطرية تتطفل على العديد من النباتات مسببة أمراضاً لها مثل البياض الدقيقي للنباتات powdery mildews والعفن البني للفاكهة brown fruit rot.

ب - بعض الأنواع مثل أسبرجلس فلافس *Aspergillus flavus* تنمو على المحاصيل الغذائية منتجة العديد من المواد السامة المعروفة بالأفلاتوكسينات aflatoxins والتي تعتبر مواد مسرطنة.

ج- بعض أنواع الأسبرجلس متطفلة تسبب أمراضاً جلدية وتصيب الأعضاء التنفسية والسمعية في الإنسان والحيوان، ويطلق على هذه الأمراض مجتمعة بالأمراض الاسبرجلية Aspergilloses.

د- بعض الخمائر تسبب عددا من الأمراض الجلدية للإنسان أهمها:

- أمراض تصيب الجلد والجهاز العصبي تسببها حمائر *Torulopsis* and *Blasmomycosis*.
- التهابات وتشققات للمهبل عند المرأة خصوصاً الحامل تسببها خمائر *Yeast vaginilli*.
- مرض الاختلال العقلي للإنسان Cryptococeocis، ويسببه خمائر *Cryptococcus neoformans*.
- أمراض تسمى Moniliasis تصيب الغشاء المخاطي للأصابع وعلى الجلد والرئة تسببه خمائر *Candida albicans*.

4- بعض أنواع الفطريات التي تعيش على روث البهائم Dung fungi تنتمي إلى الفطريات الزقية.

(4) شعبة الفطريات البازيدية

Division: Basidiomycota"Club fungi"

تعتبر الفطريـات البازيدية أكثر الفطريات رقياً وتعقيداً. وتتميز بتكوين خيوط فطرية «الميسـليوم» مقسـمة ومتفرعة، والحواجز العرضـية تحتـوي على ثقوب. تحتوي الميسـيليوم على مراحل تكون فيها الخلايا أحادية النواة تعرف بالميسليوم أحادية النواة Monokaryotic mycelium، ومراحل أخرى ثنائية الأنوية Dikaryotic mycelium.

كذلك تتميز بإنتاج جراثيم خلال التكاثر الجنسـي تسـمى بالجراثيم البازيدية Basidiospores، وتتكـون هـذه الجراثيـم خارج الخلية الأم التي تسـمى بالحامل البازيـدي. عدد الجراثيم البازيدية في الغالب أربـع جراثيم، أما الحامل البازيدي فقد يكون مقسـماً كما في فطر صـدأ القمح، أو غير مقسـم كما في فطر عيش الغراب.

تعيش بعض الفطريات البازيدية معيشة مترممة مثل المشروم أو عيش الغراب Mushrooms (شـكل 81). تشـاهد ثمارهذه الفطريـات (fruiting bodies) عادة في الحقول والغابات في فصـل الربيع. وبعض الفطريات البازيدية تعيش معيشـة متطفلة على النباتات مسـببةً نوعين رئيسـيين من الأمراض هما أمراض الصـدأ rusts، وأمراضـ التفحم smuts. لذلك تعرف الفطريات المسـببة لهذه الأمراض بفطريات الصدأ Rust Fungi، وفطريات التفحم Smut Fungi.كذلك تعيش بعض الفطريات البازيدية متكافلة مع كائنات حية أخرى.

مشروم على شكل أرفف
Shelf Fungi, important decomposers

مشروم على شكل كرة تنفث الجراثيم تعرف بالكرة النفاثة
Puff balls emitting spores

مشروم من النوع السام
Poisonous Mushroom

شكل 81: أنواع من الفطريات البازيدية.

تتكاثر الفطريات البازيدية من خلال التكاثر الجنسي، أما التكاثر اللاجنسي فهو غير متكرر ونادر الحدوث.

التكاثر الجنسي في فطر المشروم أو عيش الغراب *Agaricus*

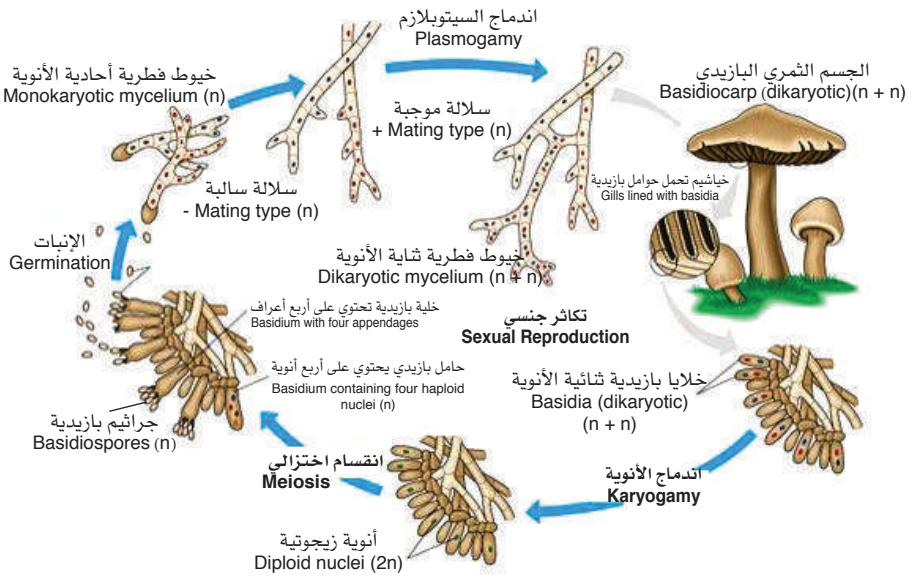
فطر عيش الغراب من الفطريات البازيدية المترممة، يعيش في التربة الرطبة الغنية بالمواد العضوية. والغزل الفطري يتكون من خيوط فطرية مقسمة ومتفرعة داخل التربة.

دورة حياة عيش الغراب

تتحد خلايا خيطان فطريان أحادي النواة monokaryotic من سلالتين متوافقتين compatible mating types مكونة خيوط فطرية ثنائية النواة dikaryotic mycelium. وعن طريق الانقسام الميتوزي تتكون خيوط فطرية كثيفة تؤدى إلى إنتاج جسم بازيدي يبرز للخارج مكوناً الجسم البازيدي الثمري basidiocarp المعروف بالمشروم mushroom.

يتميز الجسم الثمري الناضج إلى قلنسوة Cap، وعنق Stalk ويخرج من السطح السفلي للقلنسوة صفائح خيشومية Gills كثيرة. تغطى الصفائح في مراحلها الأولى بغطاء يعرف بالنقاب وعند نضج الجسم الثمري يتمزق النقاب وتتعرض الخياشيم للهواء وتظل بقايا النقاب عالقة بالعنق وتسمى بالطوق Annulus.

تتكون الخيشومة من منطقة وسطى تسمى تراما Trama تتكون من خيوط فطرية مفككة ومتشابكة، وعلى جانبيها يشتد تشابك الخيوط وتتقارب لتكون طبقة تحت الخصيبة Subhymenial layer، ويليها إلى الخارج طبقة خصيبة تتكون من الحوامل البازيدية basidia، والحامل البازيدي Basidium عبارة عن خلية واحدة تحتوي على نواتين، وعند نضجها تتحد النواتين ثم يحدث انقسام اختزالي مكونة أربع أنوية والتي تصبح في النهاية أربعة جراثيم بازيدية basidiospores تحمل خارجياً على الحامل البازيدي. يتخلل الحوامل البازيدية خيوط عقيمة لا تحمل جراثيم. تنبت الجراثيم البازيدية عندما تسقط في التربة إذا توافرت الظروف البيئية المناسبة لتعطي كل جرثومة خيوطاً فطرية جديدة (شكل 82).

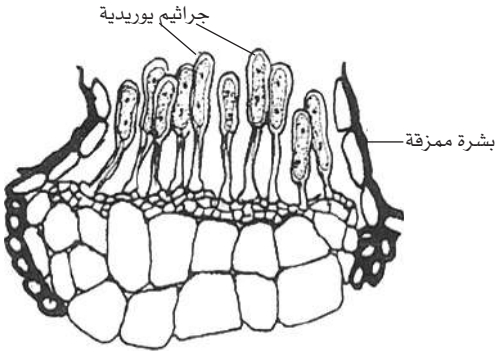


شكل 82: دورة حياة فطر عيش الغراب من الفطريات البازيدية المترممة .

التكاثر الجنسي في فطر صدأ القمح *Puccinia graminis*

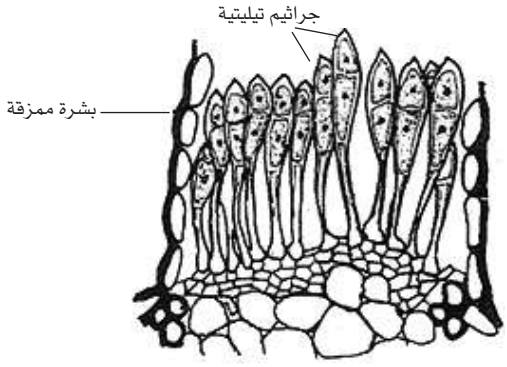
فطـر صـدأ القمح من الفطريـات البازيدية المتطفلة، حيـث يكمل دورة حياته المعقدة على عائلين مختلفين هما نبات القمح ونبات البربري «أحد النباتات البرية من ذوات الفلقتين»، وتتضمن دورة حياة فطر صدأ القمح إنتاج خمس أنواع مختلفة من الجراثيم. ومرض صدأ القمح واسع الانتشار ويسبب خسارة كبير في محصول القمـح. يحدث مرض صـدأ القمح على ثلاث مراحـل مختلفة في نوعية الجراثيم المسببة للمرض، وموقع الإصابة، والظروف المناخية.

- بداية الإصابة في فصل الربيع حيث تظهر أعراض المرض على هيئة بثرات حمـراء أو برتقاليـة اللون على السـاق والأوراق تعرف بالبثـرات اليوريدية uredosori والتـى تحتوي على جراثيم يوريدية uredospores (شـكل83). الجرثومـة اليوريديـة وحيدة الخلية ثنائيـة الأنوية خشـنة الملمس، عندما تنتشـر في الهواء وتسـقط على نبات قمح سليم تسـتطيع أن تحدث إصابة جديدة، وبذلك ينتشر مرض صدأ القمح.



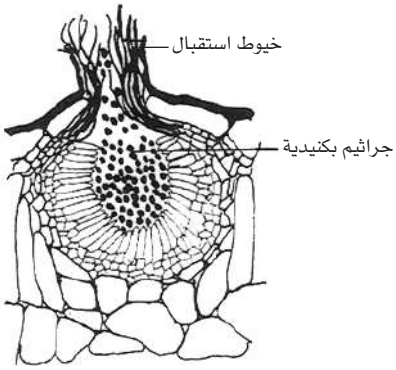
شكل 83: قطاع في بثرة يوريدية وبها جراثيم يوريدية وحيدة الخلية ثنائية الأنوية.

- عندما يقترب نضج القمح يظهر نوع آخر من البثرات الجرثومية سوداء اللون تسـمى البثرات التيليتيـة teleutosori التي تحتوي علـى الجراثيم التيليتية teliospores (شـكل84). والجرثومة التيليتية مكونـة من خليتين لها جدار سميك أملس، ليس لها القدرة على إصابة نبات القمح أو نبات البريبري بل تسقط على الأرض وتظل كامنة في التربة خلال فصل الشتاء.



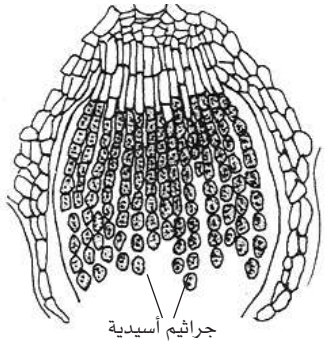
شكل84: قطاع في بثره تيليتية وبها جراثيم تيليتية مكونة من خليتين.

- فـي أوائـل الربيع تنبت الجرثومـة التيليتية وتكون خيطاً فطرياً ينقسـم إلى أربع خلايا ويسمى الحامل البازيدي، وينبثق من كل خلية من خلايا الحامل البازيدي جرثومة بازيدية. وبذلك يتكون على الحامل البازيدي أربع جراثيم بازيدية اثنتان من هذه الجراثيم تكونان سلالة موجبة (+) والاثنتان الأخريان تكونان سلالة سالبة (-).
- تحمـل الرياح الجراثيم البازيدية التي تسـتطيع إصـابة نبـات البربري حيث تنبت على سطح الورقة وتكون خيوطاً تخترق بشرة الورقة.
- وتتكـون علـى السـطح العلوي للورقة أوعية قارورية الشـكل تسـمى الأوعية البكنيدية Pycnia (شـكل 85)، ويخرج من قاع الوعاء خيوط خصـبة تنتهي بسلاسـل من الجراثيم البكنيديـة Pycniospores، وكذلك يخرج من فتحة الوعاء البكنيدي خيوط استقبال.
- والأوعية البكنيدية نوعان، نوع من سـلالة سـالبة تكونت من جراثيم بازيدية سالبة، وهذه الأوعية تعطي جراثيم بكنيدية سالبة وخيوط استقبال سالبة، أما الأوعية البكنيدية من السـلالة الموجبة فقد تكونت من جراثيم بازيدية موجبة، وهذه الأوعية تكون جراثيم بكنيدية موجبة وخيوط استقبال موجبة.



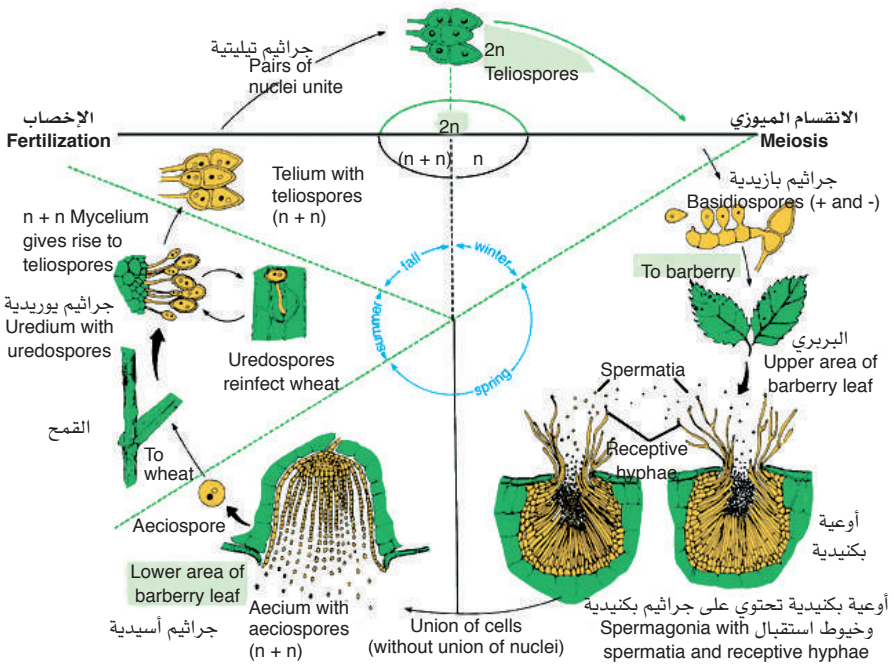
شكل85: وعاء بكنيدي على السطح العلوي لنبات البربري.

- يصــحب تكوين الأوعية إفراز رحيق يجذب الحشرات ولذلك تنتقل الجراثيم البكنيدية من وعاء لآخر عن طريق هذه الحشــرات. فإذا ســقطت جرثومة من النوع السالب على خيط استقبال من النوع الموجب يحدث الالتحام بين الجرثومــة والخيــط لتكون بذلك خيوط فطرية ثنائيــة الأنوية تنمو وتتجمع وتنتشــر داخل ورقة نبات البربري وتتجه إلى الســطح السفلي للورقة حيث تكون الكؤوس الأسيدية Aecidial cups (شكل 86).



شكل86: كأس أسيدي يحتوي على جراثيم أسيدية على السطح السفي لنبات البربري.

- يخرج من قاعدة الكأس الأسيدي خلايا عمودية تعطي سلاسل من الجراثيم الأسيدية Aeciospores ثنائية الأنوية، وحينما تتحرر هذه الجراثيم تحملها الرياح لتتساقط على نبات القمح لتحدث إصابة جديدة (شكل 87).



شكل 87: دورة حياة فطر صدأ القمح.

الأهمية الاقتصادية للفطريات البازيدية

Importance of Basidiomycota

1- العديد من الأجسام الثمرية للفطريات البازيدية المتشحمة واسعة الانتشار المعروفة بالمشروم صالحة للأكل وتحتوي على نسبة عالية من البروتين، ولعل من أشهرها الأجاريكاس بايسبورس *Agaricus bisporus* والذي يتم زراعته تجارياً.

2- يوجد حوالى 75 نوعاً من المشروم سامة يصعب التمييز بينها وبين الأنواع الصالحة للأكل، ولكن أغلبها من الأجسام الثمرية الملونة. من الأنواع السامة Death Angel species والتي تسبب الوفاة في خلال 6 إلى 24 ساعة.

3- يوجد أنواع من الفطريات البازيدية متطفلة تسبب أمراضاً للنباتات مثل: أمراض الصدأ rusts وأشهرها صدأ القمح Wheat rust، وأمراض التفحم smuts وأشهرها تفحم القمح وتفحم الذرة.

4- بعض أنواع الفطريات البازيدية تعيش على روث البهائم Dung fungi.

ثالثاً: تعايش الفطريات مع بعض الكائنات الحية الأخرى

Symbiosis between Fungi and other organisms

تكـون الفطريــات علاقــات تكافليــة مع بعضـ الكائنــات الحية مــن النباتات، والطحالب، والبكتيريا الخضراء المزرقة، والحيوانات.

1- الميكوريزا *Mycorrhizae*

هى مجموعة من الفطريات تعيش معيشة تكافلية مع جذور النباتات الوعائية. اعتبرت في الماضى من الفطريات الزيجوتية ولكنها الأن تعد شعبة مستقلة من الفطريات.

شعبة فطريات الميكوريزا	Division: Glomeromycota
طائفة فطريات الميكوريزا	Class: Glomeromycetes
الميكوريزا	*Mycorrhizae*

تعتبــر الميكوريــزا من الفطريــات الهامة جداً للنظم البيئيــة والزراعية. معظم النباتات الوعائية تحتوي جذورها على الميكوريزا وتعتمد عليها في الحصول على عناصــر غذائية أساسية. تتم عملية تلقيح بادرات العديد من النباتات الاقتصادية بالميكوريزا الخارجية لتنشيط النمو والحصول على نباتات قوية (شكل 88).

شكل 88: التأثير الإيجابى للميكوريزا على نمو نبات فول الصويا «على اليمين».

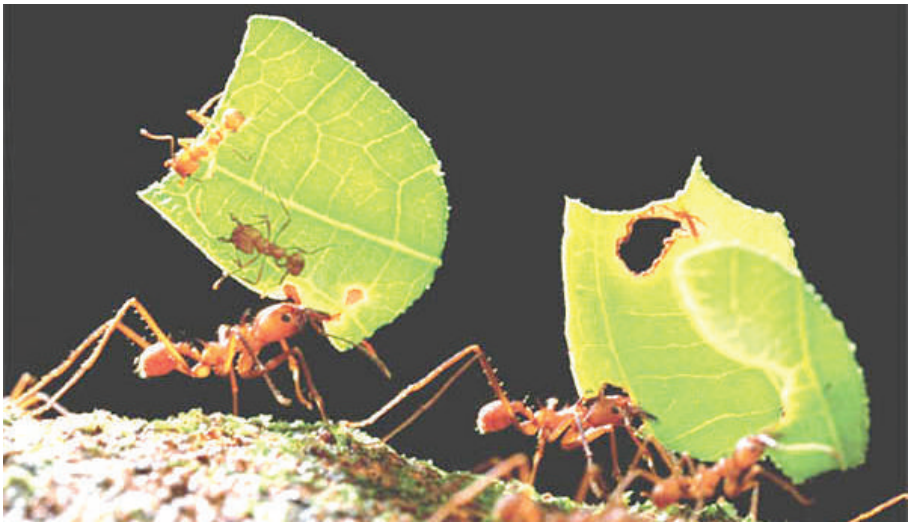
يوجد نوعان من الميكوريزا هما:

(أ) ميكوريزا خارجية Ectomycorrhizae تنمو على أسطح الجذور فتزيد من مساحة سطح الجذور وبالتالي تسرع عملية الامتصاص للماء والأملاح. وتستفيد الفطريات بالمواد العضوية التي تمتصها من جذور النباتات.

(ب) ميكوريزا داخلية Endomycorrhizae تخترق خلايا البشرة وتستقر في طبقة القشرة لجذور النباتات، مما يزيد مساحة أسطح الاتصال بين الخيوط الفطرية وسيتوبلازم الخلايا مما يسهل انتقال العناصر الغذائية بينهما.

2- العلاقة التكافلية بين الفطر والحيوان Fungus–Animal Symbiosis

تشارك بعض الفطريات قدرتها على تحليل المواد العضوية المعقدة مع بعض الحيوانات، تساعد في هضم المواد النباتية داخل القناة الهضمية «الأمعاء» guts للماشية وحيوانات المراعي. العديد من أنواع النمل تستفيد من قدرة الفطريات على هضم البقايا النباتية. يبحث النمل عن الأوراق ويحملها إلى جحورها حيث تقوم الفطريات بهضم المواد النباتية وتحويلها إلى صورة بسيطة تستطيع النمل أن تستفيد منها وتهضمها (شكل 89).

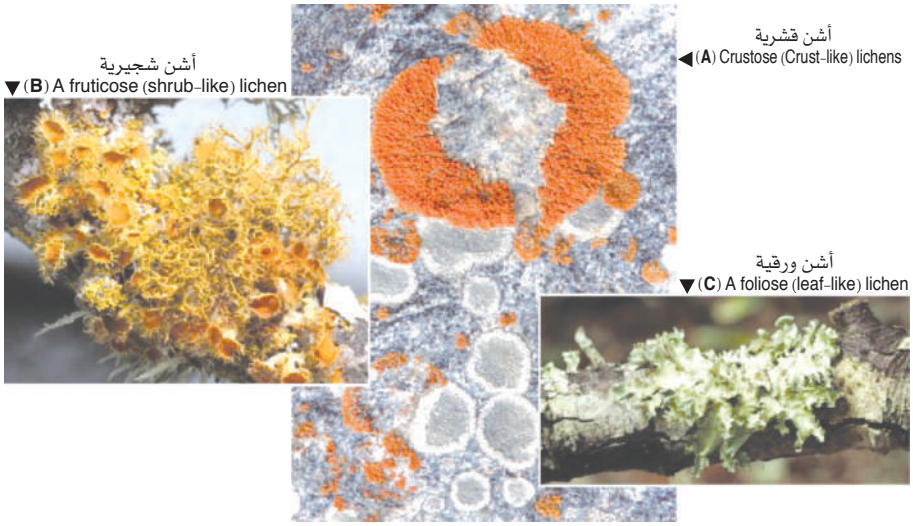


شكل 89: العلاقة التكافلية بين الفطر والحشرات.

3- الأشن Lichens

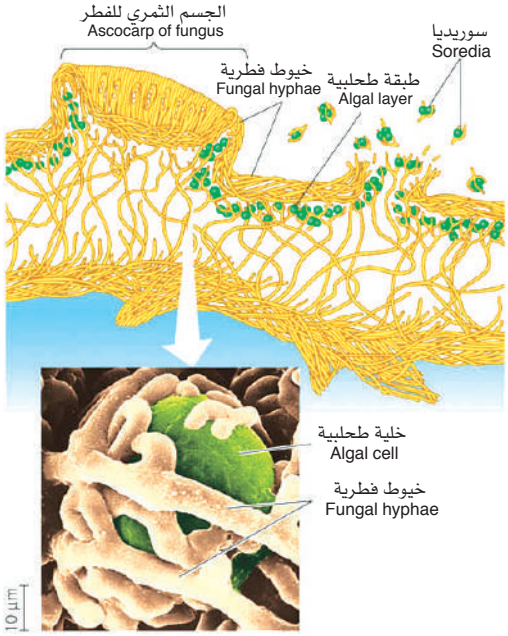
الأشــن عبارة عن علاقة تكافلية بين ملايين من الكائنات الدقيقة القادرة على البناء الضوئي محمولة داخل كتلة من الخيوط الفطرية. تنمو الأشن على الصخور، وجذوع الأشجار الميتة، والأشجار.

من الأشكال الرئيسية للأشن هي: الأشن القشرية crustose lichen"، والأشن الشجيرية fruticose lichen، والأشن الورقية foliose lichen (شكل 90).



شكل 90: الأشكال الرئيسية للأشن: (A) القشرية، (B) الشجيرية، (C) الورقية.

تتكون الأشــن من شــريكين: الشــريك الأول عبارة عن كائنات وحيدة الخلية أو خيطية قادرة على البناء الضــوئي من الطحالب الخضــراء أو البكتيريا الخضــراء المزرقــة. والشــريك الثانــي عبارة عــن كتلة من الخيــوط الفطرية تمثل النســيج الأساسي للأشن وهي غالباً من الفطريات الزقية Ascpmycota ولكن هناك أنواع من الأشــن يتكــون الجزء الفطري منها من الفطريــات البازيدية Basidiomycota (شكل 91).



شكل 91: تركيب الأشن: نسيج أساسي من الخيوط الفطرية تتخلله طبقة من خلايا الطحلب.

تتواجد الطحالب الخضـراء أو البكتيريا الخضـراء المزرقـة في طبقة داخلية محددة تلي الطبقة السـطحية من الأشـن. بينما تعطي كتلة من الخيوط الفطرية الشـكل الرئيسـي للأشـن. على الرغم من كون الأشـن عبارة عن كائنين مختلفين «فطر وطحلب أو بكتيريا خضراء مزرقة» إلا أنه يسمى علمياً ككائن واحد.

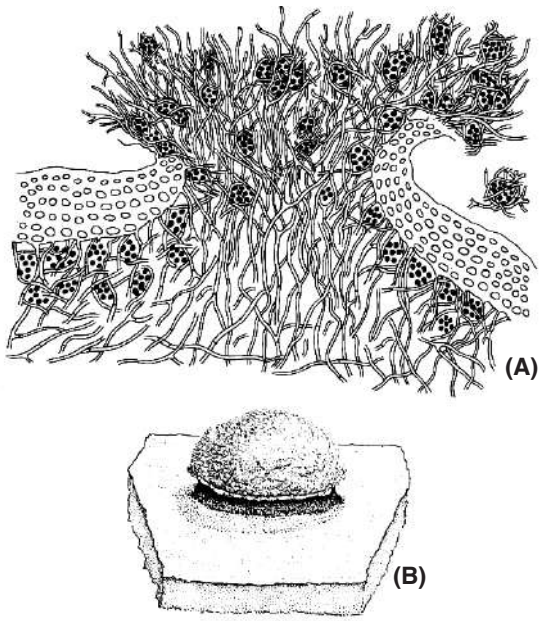
يوجـد أكثر من 15000 نوعاً من الأشـن تم وصـفها والتـي تمثل ما يقرب من خمس الكائنات الفطرية المعروفة. وتنمو الأشـن ببطء شـديد حيث يصـل حجم النمو السـنوي من 0.1 إلى 10 مم في الأشـن القشـرية، ومن 2–4 سـم في بعض الأشن الشجيرية. وبعض الأشن القشرية يصل أعمارها إلى أكثر من 4000 عام.

دور الطحلـب فـي معظم الأشـن هو إمـداد الفطـر بالمـواد الكربوهيدراتية، وفـي حالة البكتيريا الخضـراء المزرقة فإنها تمد الفطـر بالمواد الكربوهيدراتية والمـواد النيتروجينيـة. أمـا دور الفطر فيقـوم بالعديد من الوظائـف منها: توفير

البيئة المناسـبة لنمو الطحلب أو البكتيريا الخضـراء المزرقة. الحماية من خلال ترتيب الخيوط الفطرية والتي تسمح بتبادل الغازات والأصباغ الفطرية التي تظلل الطحلب أو البكتيريا الخضراء المزرقة من الأشعة الشديدة. امتصاص الماء حيث يمتص الفطر الماء من الأمطار أو من الرطوبة الجوية .يفرز الفطر بعض الأحماض تعمل على تحلل الصخور وتساعد على امتصاص الأملاح المعدنية .بعض الفطريات تفرز مواد سامة تمنع الحيوانات من أكل الأشن.

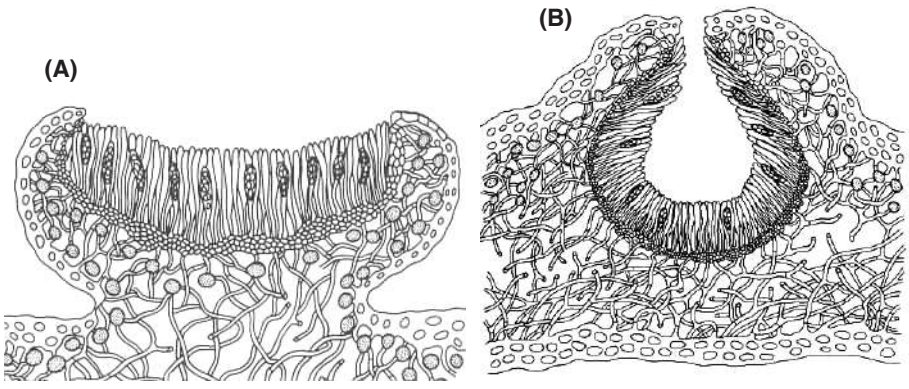
التكاثر في الأشن Reproduction in Lichens

تتكاثر الأشن لاجنسياً عن طريق انتاج مجموعات من الخيوط الفطرية والخلايا الطحلبية تعرف بالسوريديا soredia (شكل 92).



شكل 92: (A) انتشار السوريديات عندما يتمزق الجسم الثالوثي للأشن، (B) كتلة سوريدية.

يحدث التكاثر الجنسي في الفطر فقط وهو يشبه مثيله في الفطريات الزقية. ينتج الجسم الثمري الزقي ascocarp جراثيم زقية داخل أكياس مختلطة مع خيوط فطرية عقيمة paraphyses مكونة ما يعرف بالطبقة الخصيبة hymenium والتي تستمر لسنوات عديدة. والأجسام الثمرية قد تكون كأسية مقعرة APOTHECIUM، أو قارورية (كروية غائرة مفتوحة) PERITHECIUM.



أشكال كأسية مقعرة Apothecium — أشكال قارورية (كروية غائرة مفتوحة) Perithecium

شكل 93: الأجسام الثمرية للشريك الفطرى في الأشن: (A) أشكال كأسية، (B) أشكال كروية.

الأهمية الاقتصادية للأشن Importance of Lichens

1- تعتبر الأشن مصدراً غذائياً للعديد من الحيوانات اللافقارية مثل الحشرات والقواقع، وكذلك عددا من الثديات مثل الغزلان.

2- العديد من الأشن ينتج مضادات حيوية.

3- يمكن استخراج العديد من الأصباغ من الأشن.

4- تستخدم مستخلصات الأشن كمثبتات في صناعة الصابون والروائح.

5- تستطيع الأشن تفتيت الصخور لتكون بداية تكوين نوع من التربة البسيطة التي تصلح لنمو بعض النباتات الصغيرة ويكون ذلك بإفراز أحماض عضوية وأيضاً بطرق ميكانيكية فعندما تتقلص اثناء الجفاف تشد معها قطعاً صغيرة من الصخور.

الفصل العاشر

مملكة النبات

Kingdom: Plantae

يعتقد أن النباتات الأرضية والطحالب الخضراء نشأت من أصل واحد لاشتراكهما في العديد من الصفات: فالنباتات الأرضية والطحالب الخضراء كائنات عديدة الخلايا، وحقيقية النواة، وذاتية التغذية من خلال البناء الضوئي. يتكون الجدار الخلوي في كل منهما من السليلوز. وتحتوي البلاستيدات الخضراء على كلوروفيل أ، ب. بالإضافة إلى صفات مشتركة أخرى مثل بعض التراكيب الكيموحيوية والصفات الجينية.

سوف نتناول بالتفصيل الخصائص العامة للنباتات، والتنوع في المملكة النباتية، وأهم مميزات المجموعات الرئيسية الأربعة وهي: الحزازيات والسرخسيات ومعراة البذور ومغطاة البذور. كذلك سوف ندرس أهم الشعب والأجناس المميزة لكل مجموعة، والأهمية الاقتصادية لكل منها.

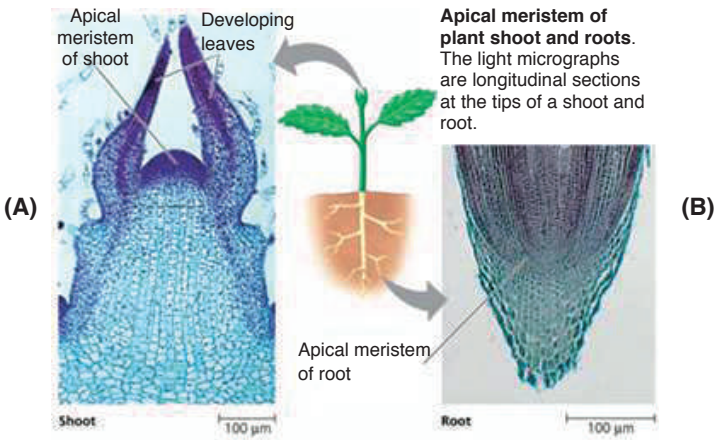
أولاً: الخصائص العامة للمملكة النباتية

General Characteristics of Plantae

تتميز النباتات بأنها كائنات عديدة الخلايا، وحقيقية النواة، ومتكيفة على المعيشة على اليابسة، وهناك البعض من النباتات تعيش في الماء وتعرف بالنباتات المائية أو الحشائش البحرية Sea grasses. فيما عدا القليل من النباتات المتطفلة، تعتبر النباتات ذاتية التغذية تصنع غذاؤها من خلال البناء الضوئي. يتكون الجدار الخلوي من السليلوز. تتميز دورة حياة النباتات بظاهرة تبادل الأجيال alternation of generations. بناءً على الحفريات يقدر بأن النباتات ظهرت على الأقل من 450 مليون سنة. ويتواجد ما يقرب من 300,000 نوع من الكائنات الحية من النباتات.

صفات تميز النباتات فقط

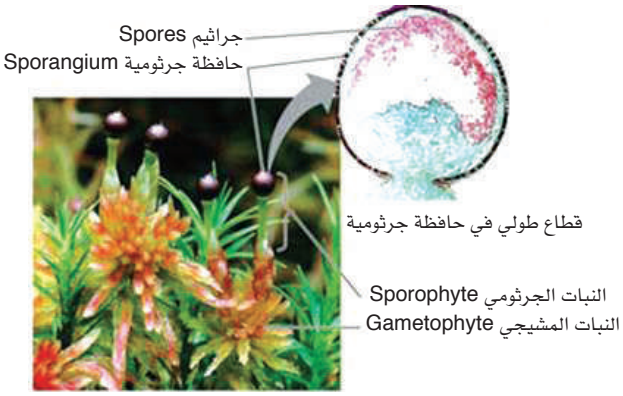
تتميــز النباتــات بوجود الأنســجة الإنشــائية القمية، وهي مناطــق يحدث فيها الأنقســام الخلوي وينتج عن ذلك الزيادة فــي الطول وتتواجد في نهايات المجموع الخضرى والمجموع الجذري tips of shoots and roots (شكل 94).



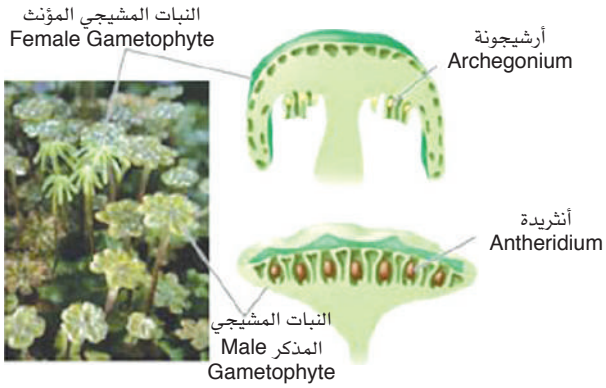
شكل 94: الأنسجة الإنشائية القمية Apical meristems:

(A) القمة النامية في الساق، (B) القمة النامية في الجذر.

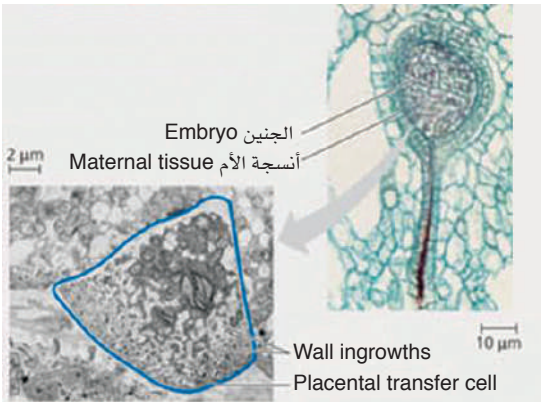
تنتــج النباتــات جراثيم عديدة الجــدر داخل حوافظ جرثوميــة عديدة الخلايا (شــكل 95). وأعضــاء التكاثر التي تنتج الأمشــاج عديدة الخلايا. أعضاء التكاثر الأنثويــة تعــرف بالأرشــيجونات Archegonia، وتعــرف أعضــاء التكاثــر الذكرية بالأنثريدات Antheridia (شــكل 96). الجنين النباتي عديد الخلايا وينتج عن نمو اللاقحة zygote والتي تظل داخل أنسجة الأم (شكل 97).



شكل 95: نبات سفاجنم *Sphagnum* من الحزازيات القائمة يوضح حوافظ جرثومية عديدة الخلايا وبداخلها جراثيم عديدة الجدر.



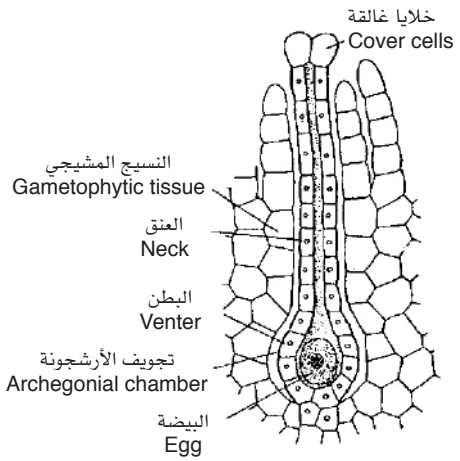
شكل 96: نبات ماركانتيا *Marchantia* من الحزازيات الكبدية يحمل أعضاء التكاثر الأرشيجونات والأنثريدات عديدة الخلايا.



شكل 97: نبات ماركانتيا *Marchantia* يوضح جنين عديد الخلايا مرتبط بأنسجة الأم.

الأرشيجونة Archegonium

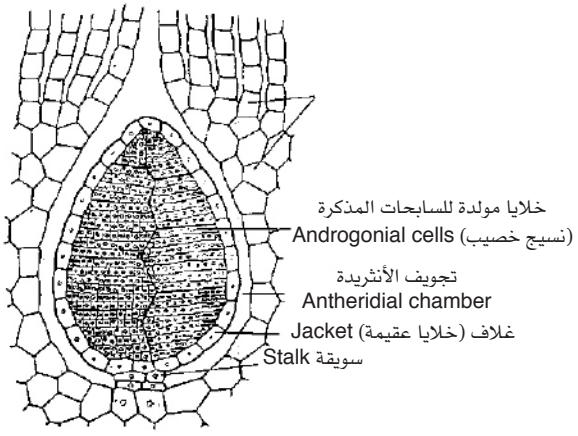
الأرشـيجونة عضـو التأنيث وهي عبارة عن جسـم قارورى الشـكل يتركب من جزئيـن أحدهمـا قاعدي منتفخ يعرف بالبطن والآخر علـوي يعرف بالعنق ويوجد للأرشيجونة حامل صغير. ويحتوي البطن على خليتين السفلى هي البيضة والعليا هـي الخليـة القنوية البطنية ويحيط بالأرشـيجونة جدار سـمكه طبقة واحدة من الخلايا العقيمة. ويوجد بالعنق قناة ضـيقة تعرف باسـم الخلايـا القنوية العنقية وهي مرتبة في صف واحد ويوجد بأعلى العنق عدة خلايا غالقة (شكل 98).



شكل 98: الأرشيجونة Archegonium.

الأنثريدة Antheridium

الأنثريدة عضو التذكير وتكون عادة كروية أو بيضية الشكل ولها جدار خارجي عقيم سمكه طبقة واحدة من الخلايا، يحتوي بداخله نسيجاً خصيباً يعرف بالنسيج المولد للسـابحات الذكرية ويتكون هذا النسـيج من عدد كبيـر من الخلايا تعرف كل منها باسـم الخلية الأمية للسـابحات الذكرية لأن منها تنشأ السابحات الذكرية (الأمشاج المذكرة) وهذه تكون كمثرية أو حلزونية الشكل ثنائية أو عديدة الأهداب (شكل 99).



شكل 99: الأنثريدة **Antheridium**.

ثانياً: دورة الحياة وظاهرة تبادل الأجيال Life cycle and Alternation of Generations

سبق أن أشرنا إلى ظاهرة تبادل الأجيال في الطحالب عديدة الخلايا (راجع شكل 43)، ولكننا هنا نرى أن ظاهرة تبادل الأجيال في المملكة النباتية قد تطورت أكثر وتميزت بتراكيب تكاثرية متباينة وهي الأنثريدات والأرشيجونات، إضافة إلى الحوافظ الجرثومية، ويمكن وصف ظاهرة تبادل الأجيال في النباتات على النحو التالي:

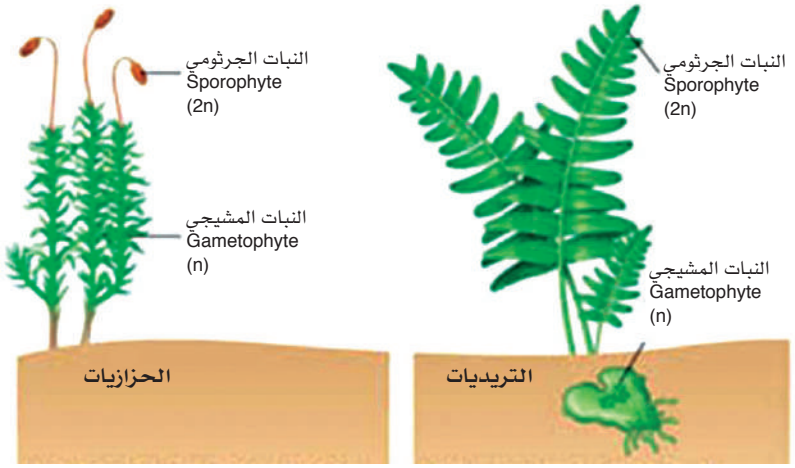
يعرف الطور النباتي الذي يحمل الأعضاء الجنسية من أنثريدات، وأرشيجونات بأنه الطور المشيجي Gametophyte أي الطور الذي ينتج الأمشاج المؤنثة والمذكرة. والأمشاج المذكرة توجد داخل الأنثريدات وعندما تنضج الأنثريدات تتحرر الأمشاج المذكرة أو السابحات الذكرية وتسبح في الماء حتى تصل إلى الأرشيجونة التي تكون هي الأخرى قد نضجت وتحللت خلاياها القنوية العنقية وكذلك الخلية القنوية البطنية ولم يبق بها سوى خلية البيضة أو المشيج المؤنث. وعادة يخرج من فتحة عنق الأرشيجونة سائل يعمل على جذب السابحات الذكرية جذباً كيميائياً فتمر السابحات الذكرية خلال فتحة العنق ثم تسبح خلال قناة العنق حتى تصل إلى المشيج المؤنث وتتحد سابحة ذكرية واحدة مع البيضة وتندمج نواة السابحة مع نواة البيضة وبذلك تتكون اللاقحة (زيجوت Zygote).

وتعتبر اللاقحة أول خلية في الطور الثاني من دورة الحياة وهو الطور الجرثومي Sporophyte وتكون نواة اللاقحة ثنائية المجموعة الصبغية ثم تنقسم اللاقحة انقسامات عديدة متتالية مكونة الطور الجرثومي وتتميز بداخل الطور الجرثومي الخلايا الأمية للجراثيم وتنقسم كل خلية منها انقسامين أحدهما انقسام اختزالي وبذلك ينتج عن كل خلية أربع جراثيم وتكون نواة كل جرثومة أحادية المجموعة الصبغية وتعتبر الجرثومة أول خلية في الطور المشيجي.

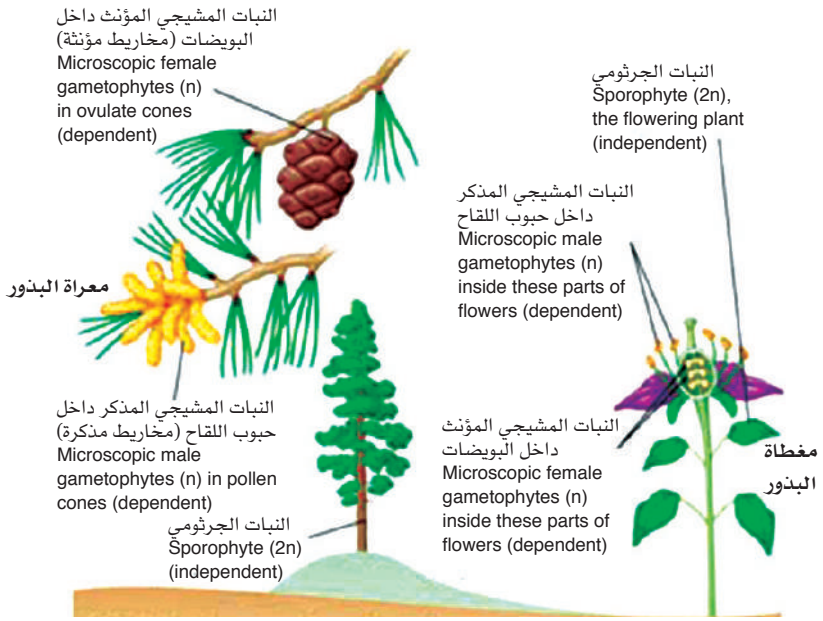
تتحرر الجراثيم وتنتشر وتنبت كل جرثومة عندما تتوفر الظروف الملائمة لتعطي نباتاً مشيجياً جديداً تكون جميع خلاياه أحادية المجموعة الصبغية مثل الجرثومة التي نشأ منها ثم ينضج النبات المشيجي ويكون أنثريدات وأرشيجونات وتستمر دورة الحياة التي يتعاقب فيها الجيلان المشيجي والجرثومي بصفة منتظمة وهذا ما يعرف بظاهرة تبادل الأجيال.

تطور ظاهرة تبادل الأجيال Development of Alternation of Generations

تتميز الحزازيات بأن الطور السائد فيها هو الطور المشيجي بينما يعتمد الطور الجرثومي على المشيجي اعتماداً كلياً أو جزئياً ولا يمكنه أن يعيش مستقلاً عنه. أما في السرخسيات فإن الطور الجرثومي يعتمد لفترة قصيرة في بداية حياته على الطور المشيجي ثم يستقل بنفسه ويصبح نباتاً كبيراً سائداً في دورة الحياة بينما يكون الطور المشيجي عادة ثالوثاً صغيراً (شكل 100). وفي معراة البذور ومغطاة البذور يكون الطور الجرثومي أيضاً هو السائد بينما يكون الطور المشيجي ميكروسكوبي (أي لا يمكن رؤيته إلا تحت المجهر) ضئيلاً ومحمولاً على النبات الجرثومي ويعتمد عليه كلياً (شكل 101).



شكل 100: الطور المشيجي السائد في الحزازيات، والمستقل والمختزل في السرخسيات.



شكل 101: الطور الجرثومي السائد والطور المشيجي الميكروسكوبي والمعتمد كلياً على الطور الجرثومي في النباتات البذرية.

تعتبر الحزازيات والتريديات أكثر تطوراً من الطحالب لعدة أسباب منها:

1- وجـود طبقة من الخلايا العقيمة تحيط بأعضـاء التأنيث (الأرشـيجونات) والتذكير (الأنثريدات).

2- تتميز اللاقحة (الزيجوت) إلى جنين عديد الخلايا داخل عضو التأنيث (الأرشيجونة).

3- اعتمـاد الطـور الجرثومي على الطور المشـيجي على الأقـل في المراحل الأولى من النمو.

وتعتبر النباتات البذرية أكثر تطوراً من الحزازيات والتريديات لعدة أسباب منها:

1- هجـرة الأمشـاج المذكـرة (حبوب اللقاح) خـلال أنبوبة تربـط بين الطور المشـيجي المذكر والطور المشـيجي المؤنث، تعرف هـذه الأنبوبة بأنبوبة اللقاح.

2- البقاء الدائم للطور المشيجي المؤنث داخل أنسجة الطور الجرثومي.

3- إنتاج البذور.

وتتميز السرخسيات عن الحزازيات في عدة أمور منها:

1- بعضـ الحزازيات تكون على شـكل ثالوث وبعضـها يتميز إلى شـبه سـاق وأشـباه أوراق ولكن لا توجد في الحزازيات جذور. أما السرخسـيات (النباتات التريدية) فتتميز إلى سـاق وأوراق وجذور (توجد أنواع قليلة ليس لها جذور ولا أوراق).

2- الحزازيـات ليس بها أنسـجة وعائية من خشـب ولحاء. ويوجـد بالنباتات التريدية خشب ولحاء.

3- الطور الجرثومي في السرخسيات أكثر تطوراً من نظيره في الحزازيات.

4- الطور الجرثومي في الحزازيات لا يسـتطيع الاعتماد على نفسـه حتى بعد نضـجه ويظل معتمداً على الطور المشيجي في الحصول على غذاءه خلال جميع مراحل نموه.

5- الطور الجرثومي في السرخسيات يستطيع الاعتماد على نفسه عند نضجه في تكوين غذاءه ونموه وتطوره.

ثالثاً: تنوع النباتات Diversity of Plants

تقسم النباتات إلى أربع مجموعات تحتوي على 12 شعبة كالتالي:

1- الحزازيات Bryophytes

الحزازيات نباتات ثالوثية تتكون من أشباه جذور وسيقان وأوراق، وهي نباتات غير وعائية أي لا تحتوي على نسيج الخشب ونسيج اللحاء. تضم الحزازيات 3 شعب، ينتمي إليها 24,100 نوع. وهذه الشعب هي:

شعبة: الحزازيات الكبدية "المنبطحة" Division: Hepatophyta (Liverworts)

شعبة: الحزازيات القرناء Division: Anthocerophyta (Hornworts)

شعبة: الحزازيات القائمة Division: Bryophyta (Mosses)

2- التريديات أو السرخسيات Pteridophytes

تتميز السرخسيات بأنها نباتات وعائية لابذرية. تضم السرخسيات 4 شعب، و13,200 نوع. وهذه الشعب هي:

شعبة: السيلوديات Division: Psilophyta

شعبة: اللايكوديات Division: Lycophyta

شعبة: السفينوديات Division: Sphenophyta

شعبة: التريدات (السراخس) Division: Pterophyta (Ferns)

3- عاريات البذور Gymnosperms

تتميز النباتات عاريات البذور بأنها وعائية، وتنتج بذور عارية. تضم عاريات البذور 4 شعب، و806 نوع. وهذه الشعب هي:

شعبة: الجينكوديات Division: Ginkgophyta

شعبة: السايكيدات Division: Cycadophyta

شعبة: الجنيتودات Division: Gnetophyta

شعبة: الصنوبريات Division: Coniferophyta

4- مغطاة البذور Angiosperms

تعرف مغطاة البذور أو كاسيات البذور بالنباتات الزهرية، وهي نباتات وعائية تنتج البذور مغطاة داخل الثمار. تحتوي مغطاة البذور على شعبة واحدة، تضم 250,000 نوع. وهذه الشعبة الوحيدة هي:

شعبة: الماغنوليات Division: Magnoliophyta

تحتوي هذه الشعبة على طائفتين هما:

طائفة: نباتات ذوات الفلقتين Class: Dicots

مثل الورود والبقوليات ودوار الشمس وغيرها.

طائفة: نباتات ذوات الفلقة الواحدة Class: Monocots

مثل النخيل والحبوب مثل الذرة والأرز والقمح والشعير.

تعرف الحزازيات والسرخسيات ومعراة البذور بالنباتات اللازهرية، وكذلك تعرف بالأرشيجونيات. وتعرف السرخسيات ومعراة البذور بالنباتات الوعائية اللازهرية. وتعرف السرخسيات ومعراة البذور ومغطاة البذور بالنباتات الوعائية.

الحزازيات Bryophytes

تشـتمل النباتـات الحزازية على معظم النباتات البدائية مـن النباتات الجنينية Embryophyta. ويوجد حوالي 24 ألف نوع من النباتات الحزازية ينتمون إلى 960 جنس. وبناءً على الصـفات الظاهرية للحزازيات فإنها تشـغل مكاناً بين الطحالب الخضراء والتريديات.

الصفات العامة للحزازيات

التواجد Occurance

الحزازيات نباتات أرضـية تعيش عادة في الأماكـن الرطبة. نادراً ما تعيش في المـاء، ومـن الأمثلة القليلة التي تعيشـ في الماء بعض أنواع من الريشـيا *Riccia* ومعظم أنواع السفاجنم *Sphagnum*.

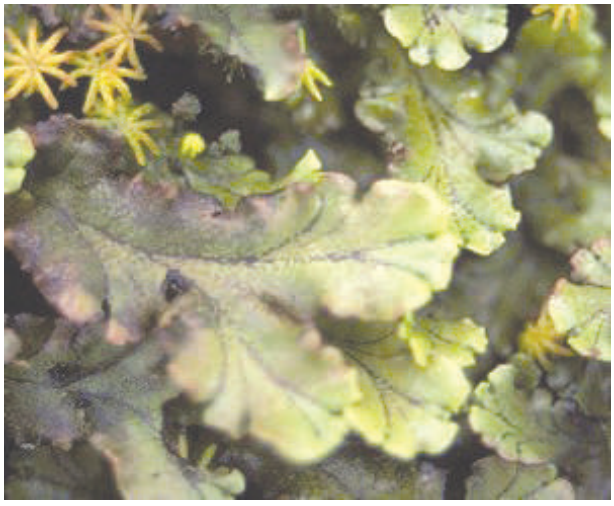
التركيب Structure

تتميـز الحزازيات بأن جيليها المشـيجي والجرثومي غير متماثلين في الشـكل وبـأن الطـور الجرثومي يعتمد فـي احتياجاته الغذائية على الطور المشـيجي ولا يمكنه أن يعيش مستقلاً بنفسه. أما الطور المشيجي فيعتبر الطور السائد في دورة حياة النبات الذي يعيش مسـتقلاً وتحتوي خلاياه على بلاسـتيدات خضراء ويجهز غذاءه بنفسه.

في كثير من الأنواع يكون النبات المشـيجي ثالوثا غير متميز إلى جذر وسـاق وأوراق، كما في الحزازيات الكبدية مثل الريشيا *Riccia* والماركانتيا *Marchantia* (شـكل 102). وفي الأنـواع التي يتميز فيها إلى سـاق وأوراق، كما في الحزازيات القائمة (mosses) فإن الجذور لا تكون موجودة إطلاقا ولكن توجد أشـباه جذور فقط. ترتبط الحزازيات الثالوثية بالوسـط الذي تعيش فيه من خلال أشباه جذور وحيـدة الخلية في حين أن الأشـكال الأكثر تميزاً مـن الحزازيات وهي الحزازيات

القائمة (mosses) تحتوي على أشباه جذور عديدة الخلايا. الحراشيف عديدة الخلايا Multicellular scales تتواجد غالباً على السطح البطني للأشكال الثالوسية.

يتكون جسم النبات في الحزازيات من خلايا برانشيمية بسيطة، ويمكن أن تتميز هذه الخلايا إلى أنواع مختلفة للقيام بعملية البناء الضوئي وتخزين الغذاء. ولا يوجد خشب ولحاء في الحزازيات.



شكل 102: الحزازيات الكبدية: الطور المشيجي لنبات الماركانتيا *Marchantia*، ويظهر الجسم الثالوثي، والحوامل الأرشيجونية.

التكاثر Reproduction

يوجد ثلاثة أنواع من التكاثر في الحزازيات وهي التكاثر الجنسي والتكاثر اللاجنسي والتكاثر الخضري.

التكاثر الخضري

يحدث التكاثر الخضري بثلاثة طرق هي: عن طريق تحلل النبات وانفصاله إلى أكثر من جزء يحتوي كل منها على قمة نامية. وعن طريق انفصال جزء من النبات. وعن طريق تراكيب خاصة مثل أفرع جانبية adventitious branches، ودرنات tubers، ووحدات إكثار خاصة تعرف بالجمات Gemmae.

التكاثر اللاجنسي

ويحدث التكاثر اللاجنسي بواسطة الطور الجرثومي من خلال تكوين الجراثيم.

التكاثر الجنسي

يحدث التكاثر الجنسي بواسطة الطور الجاميتي «المشيجي» الذي يحتوي على أعضاء التكاثر. تنتج الأنثريدات عدداً كبيراً من السابحات الذكرية (الأمشاج المذكرة) وهذه تكون حلزونية الشكل ثنائية الأهداب. وتحتوي الأرشيجونات على الخلايا البيضية.

الإخصاب Fertilization

يتم الإخصاب في وجود الماء حيث تسبح الجاميتات المذكرة (السابحات المذكرة Spermatozoids or Antherozoids) حتى تصل إلى الأرشيجونة الناضجة حيث تتحلل الخلايا القنوية تاركةً ممراً للسابحات المذكرة لتصل إلى منطقة البطن حيث يتحد واحد من هذه السابحات بالبيضة وبذلك تتكون اللاقحة أو الزيجوت.

ينمو الزيجوت مكوناً جنيناً عديد الخلايا يبقى داخل الأرشيجونة ويستكمل النمو ليعطي الطور الجرثومي. تنقسم خلايا جدار البطن venter wall لتشكل غلاف يحيط بالطور الجرثومي في مراحل نموه، يعرف هذا الغلاف بالـ Calyptra.

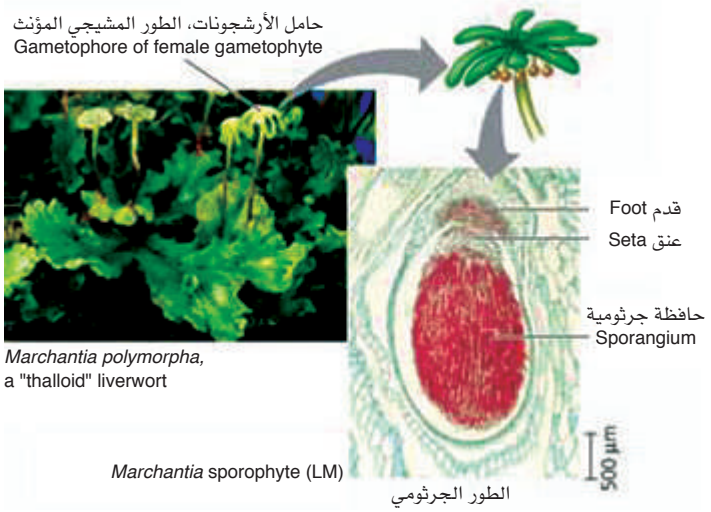
عندما ينضج الطور الجرثومي فإنه يتكون من قدم وحامل وحافظة (foot, seta, and capsule) مثل الماركانتيا *Marchantia* والفيوناريا *Funaria*، ولكن في بعض الأحيان لا يوجد حامل Seta كما في الأنثوسيروس (*Anthoceros*)، وفي بعض الأحيان لا يوجد قدم أو حامل كما في الريشيا (*Riccia*).

ينتج الطور الجرثومي الجراثيم بعد حدوث انقسام اختزالي في الخلايا الأمية للجراثيم منتجة جراثيم متشابه homosporus أحادية المجموعة الصبغية. عندما تنبت الجراثيم فإنها إما تعطي مباشرة نباتاً جديداً وهو الطور المشيجي Gametophyte، أو تعطي خيوط أولية تعرف بالبروتونيما Protonema والتي بدورها تنمو إلى نبات مشيجي جديد.

التنوع في الحزازيات Diversity in Bryophytes

(1) شعبة الحزازيات المنبطحة "Liverworts" Division: Hepatophyta

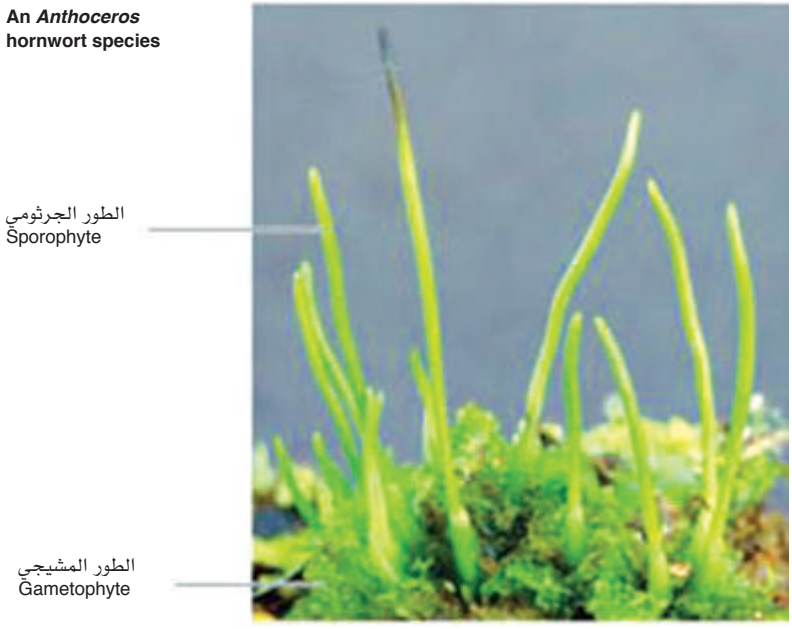
تعتبــر الحزازيات المنبطحة أو الكبدية هي أبســط صــور للنباتات وتتميز عن غيرهــا بعــدم وجــود ثغــور، وكذلك لا يوجــد بها خلايا توصــيلية (بعضــ الخلايا المتخصصة في توصيل الماء وجدت في أجناس قليلة جداً). يوجد بها اشباه جذور وحيدة الخلية. يتكون الطور الجرثومي غالباً من قدم وعنق وحافظة جرثومية كما في نبات الماركانتيا (شكل 103)، وقد يوجد فقط في صورة حافظة كما في نبات الريشيا.



شكل 103: الحزازيات الكبدية: الطور المشيجي والجرثومي لنبات الماركانتيا *Marchantia*.

(2) شعبة الحزازيات القرناء "Hornworts" Division: Anthocerophyta

تفتقد الحزازيات القرناء كذلك للخلايا المتخصصة في توصيل الماء ولكنها تحتوي على ثغور مثل بقية الأنواع النباتية فيما عدا الحزازيات الكبدية. أشكالها ثالوثية فقط. يوجد بها أشباه جذور وحيدة الخلية. يشبه الطور الجرثومي القرن ويتكون من قدم بصيلية وحافظة جرثومية اسطوانية، ولا يوجد عنق (شكل 104).



شكل 104: الحزازيات القرناء: الطور المشيجي والجرثومي لنبات الأنثوسيروس *Anthoceros*.

(3) شعبة الحزازيات القائمة "Mosses" Division: Bryohyta

تتميــز الحزازيات القائمة بوجود خلايا متخصصــة في نقــل الماء والغذاء في كل من الطور المشــيجي والطور الجرثومي. تتميــز الحزازيات القائمة إلى أوراق، ومحاور، وأشــباه جذور. أشباه الجذور عديدة الخلايا. يتكون الطور الجرثومي من قدم وحامل وحافظة. من أمثلتها ما يلي:

سفاجنم *Sphagnum*، وفيوناريا *Funaria* (شكل 105)، وبوليتريكم *Polytrichum*.

شكل 105: الحزازيات القائمة – جنس فيوناريا *Funaria hygrometrica*.

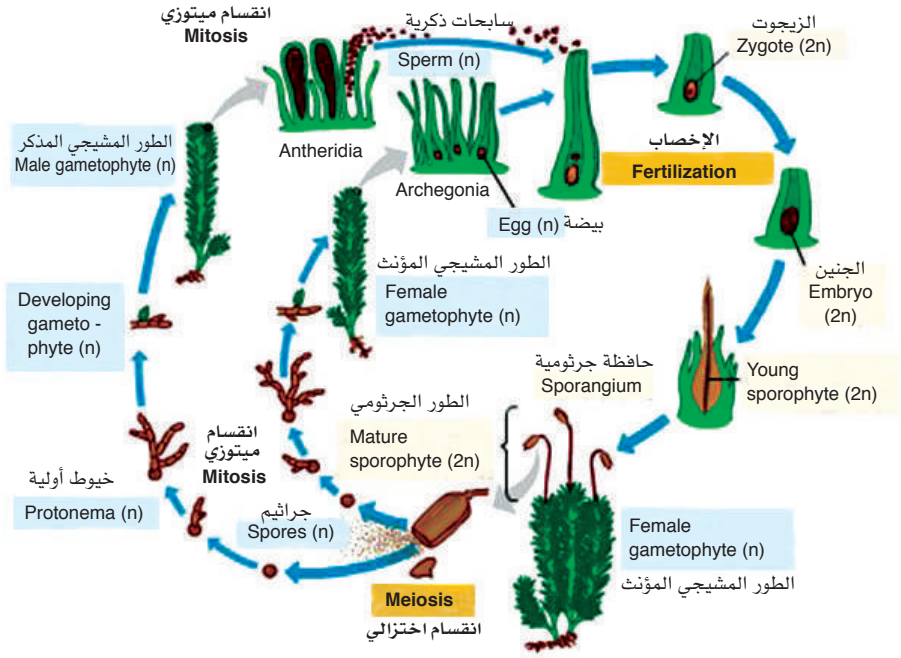
(Photo by Michael Lüth).

دورة حياة الحزازيات القائمة

الطــور المشــيجي هو الطور الســائد في دورة الحياة، ويمكــن رؤيته نامياً على هيئة طبقة اسفنجية خضراء تغطي المناطق الرطبة وجذوع الأشجار المتساقطة. تنمو الأرشــيجونات التي تنتج البيضــات عنــد نهايات النبات المشــيجي المؤنث،

والأنثريدات التي تنتج السابحات عند قمم النبات المشيجي المذكر (شكل 106).

تسبح السابحات المذكرة خلال الماء لتصل إلى الأرشيجونات لتلقيح البيضات، حيث يخصب أحد السابحات المذكرة خلية البيضة وينتج عن ذلك تكون خلية ثنائية المجموع الصبغي تعرف باللاقحة Zygote. تنمو اللاقحة إلى جنين والذي بدوره ينمو ليعطي النبات الجرثومي والذي يتكون من قدم وعنق طويل ينتهي بحافظة جرثومية. يحصل النبات الجرثومي على غذاؤه من النبات المشيجي المؤنث.



شكل 106: دورة حياة الحزازيات القائمة.

تنقسم الخلايا الداخلية في الحافظة انقساماً اختزالياً لتنتج جراثيم أحادية المجموع الصبغي. عند نضج الحافظة وجفافها يسقط غطاء الحافظة وتنتثر الجراثيم محمولة بواسطة الرياح لتسقط على مسافات قريبة من النبات المشيجي. عندما تستقر الجراثيم على مناطق رطبة تنبت مكونة مجموعة من الخلايا على

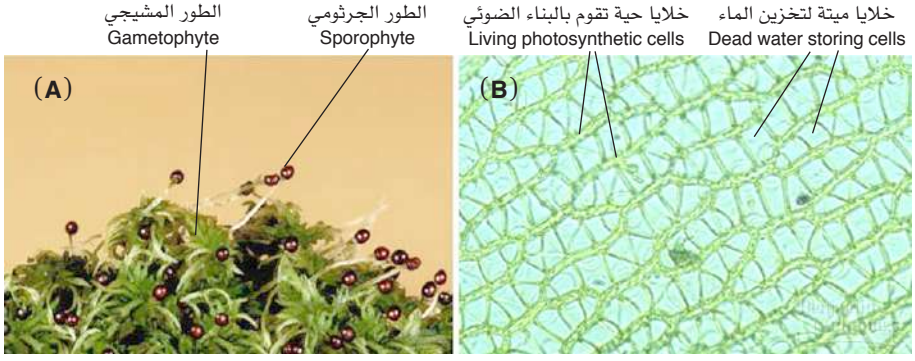
هيئة خيوط تعرف بالبروتونيما protonema والتي تشبه الطحالب الخضراء. تنمو البروتونيما مكونة نبات مشيجي مؤنث أو مذكر.

الأهمية الاقتصادية والبيئية للحزازيات Importance of Bryophytes

تلعب الحزازيات دوراً هاماً في تعاقب النباتات. حيث تعتبر الحزازيات أول النباتات التي تستعمر البيئات الصخرية والشقوق وتبدأ في عمليات هدم تؤدي إلى تكون التربة ويؤدي تعاقب أجيال الحزازيات إلى إضافة المادة العضوية لها. ويؤدي ذلك إلى تهيئة الظروف المناسبة لإنبات بذور بعض النباتات الأخرى في هذه التربة المتكونة ونمو مجتمعات نباتية معقدة.

بعض الأنواع الشائعة من الحزازيات القائمة التابعة لجنس سفاجنم "*Sphagnum*" والتي تنمو في المياه الحامضية تعمل على تكوين تربة عضوية تعرف بالبيتموس Peatmoss. فينمو جيل السفاجنم على البقايا المتحللة من الجيل السابق وهكذا نجد أن الطبقة السطحية من أنسجة السفاجنم هي الطبقة الخضراء التي تستطيع القيام بالبناء الضوئي. في حين أن بقية طبقات السفاجنم السفلية تتحلل مكونة التربة العضوية المعروفة باسم البيتموس. وتعرف المناطق الشاسعة التي يسودها نبات السفاجنم بحقول التربة العضوية peatfield وهي شائعة في البيئات الباردة الرطبة مثل أيرلاندا ومناطق في الشمال الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية وكندا (شكل 107). يمتص البيتموس من 10 إلى 20 مرة ضعف وزنه الجاف وهذا يجعله من الإضافات الجيدة للتربة لزيادة محتواها العضوي وقدرتها على الاحتفاظ بالماء (شكل 108). يستخدم البيتموس كوقود. في الماضي كان يستخدم البيتموس كضمادات للجروح.

شكل 107: تجميع البيتموس من أحد المستنقعات التي تنمو فيها.



شكل 108: نبات السفاجنم ***Sphagnum***،

(A) الطور المشيجي يحمل الطور الجرثومي، (B) خلايا ورقة السفاجنم ويظهر فيها خلايا حية تحتوي على بلاستيدات خضراء وخلايا ميتة لتخزين الماء.

السرخسيات Pteridophytes

الصفات العامة للسرخسيات

تتباين السرخسيات أو التريديات تبايناً كبيراً حجماً وشكلاً وتركيباً. وتعرف نباتات هذه المجموعة بالنباتات الوعائية اللابذرية. وتتميز النباتات التريدية بوجود النسيج الوعائي المكون من الخشب واللحاء. وخلافاً للنباتات البذرية فإن التريديات لا تنتج بذور.

تتميز السرخسيات بسيادة الطور الجرثومي وتميزه إلى جذور وسيقان وأوراق. تشكل الجذور ما يعرف بالمجموع الجذري والذي يقوم بتثبيت النبات وامتصاص الماء والأملاح من التربة. وتعرف السيقان وما تحمله من أوراق بالمجموع الخضري وتقوم السيقان بحمل الأوراق حتى تستطيع استقبال الضوء والقيام بالبناء الضوئي.

يقوم النسيج الوعائي بنقل الماء والأملاح إلى الأوراق ونقل المواد الغذائية المصنعة في الأوراق عن طريق البناء الضوئي إلى باقي أجزاء النبات. ومما ساعد على سيادة الطور الجرثومي ونموه بأحجام كبيرة وارتفاعات عالية قدرة النبات على إنتاج اللجنين الذي أضاف الصلابة إلى جدران الخلايا المسؤولة عن تدعيم الجسم وكذلك الخلايا المسؤولة عن ضخ المياه «الخشب». في حين أن النبات المشيجي في السرخسيات يكون عادة على شكل ثالوث رقيق يضمر ويتحلل بسرعة ولذلك فالحفريات السرخسية المكتشفة كلها عبارة عن النباتات الجرثومية (فيما عدا أمثلة قليلة جداً). ينتج النبات الجرثومي العديد من الحوافظ الجرثومية مقارنة بالحزازيات التي تنتج حافظة جرثومية واحدة لكل نبات.

الجراثيم المنتجة في السرخسيات قد تكون:

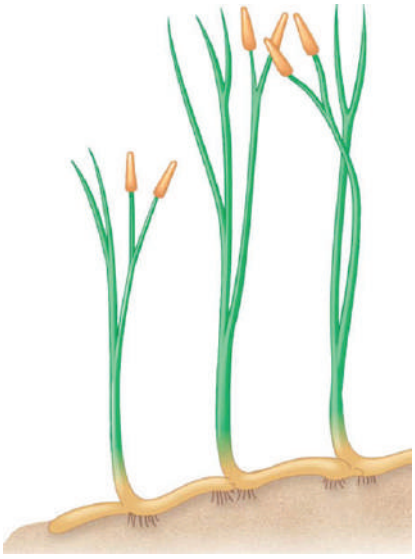
أ) جراثيم متشابهة Homosporous أي من نوع واحد من الجراثيم مثل نبات ليكوبوديم وتعطى الجراثيم المتشابهة نباتات مشيجية أحادية المسكن أي تحمل الأنثريدات والأرشيجونات على نفس النبات المشيجي.

ب) جراثيم متباينة «غير متشابهة» Heterosporus أي من نوعين متباينين في الحجم من الجراثيم مثل نبات سيلاجينلا الذي ينتج نوعين من الجراثيم أحدهما جراثيم صغيرة وعندما تنبت تعطي نباتات مشيجية مذكرة، وجراثيم كبيرة والتي تعطي نباتات مشيجية مؤنثة.

تحمل الحوافظ الجرثومية على أوراق تعرف بالأوراق الجرثومية Sporophyll أو عند أباط الأوراق.

نشأة النباتات الوعائية

بناءً على الحفرية المكتشفة لنبات الرينيا ميجور *Rhynia major* «يعرف الآن بأجلوفيتون ميجور *Aglaophyton major*» يعتقد بأن النباتات الوعائية ظهرت منذ 420 مليون سنة (شكل 109).



شكل 109: رسم لحفرية نباتية لنبات الرينيا (*Aglaophyton major* or *Rhynia major*) يعتقد بأنه الأصل القديم للنباتات الوعائية الحديثة .

ونبات الرينيا عبارة عن ريزومة ثنائية التفرع تحمل أشباه جذور وتتجه بعض فروع الريزومة إلى أعلى مكونة فروعاً هوائية ثنائية التفرع أيضاً . تنتهي بعض

الفـروع بحافظـة جرثوميـة مفردة لهـا جدار سـميك يتكون من عـدة طبقات من الخلايا. تحتوي الحافظة الجرثومية على الآلاف من الجراثيم المتشـابه. ويصـل طول نبات الرينيا ميجور إلى حوالي 50 سـم. ويبدو أن الحوافظ الجرثومية كانت غير متفتحة وأن تحرر الجراثيم كان يحدث بعد تآكل جدار الحافظة.

على الرغم من أن هذه النباتات لايزيد طولها عن 50 سـم إلا أن تفرع سيقانها يعطيها أشـكال مركبة تحمل العديد من الحوافظ الجرثومية. أدى هذا التطور في زيـادة عدد الحوافـظ الجرثومية إلى زيـادة إنتاج الجراثيم وبالتالي زيادة فرصـة نمو أفراد جديدة على الرغم من آكلات الأعشـاب التي تحد من انتشـار النباتات السرخسية.

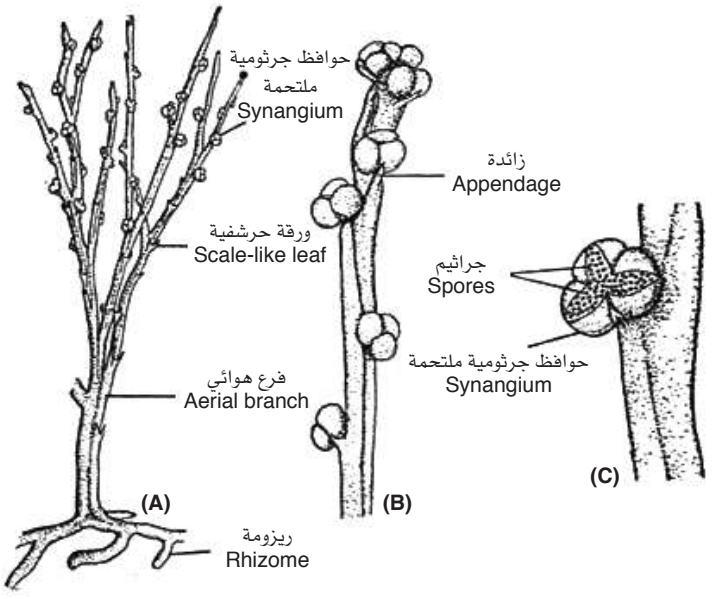
تنتج النباتات الوعائية القديمة نوعاً واحداً من الجراثيم المتشـابهة. وتنتشـر صـفة إنتاج الجراثيم المتشـابهة في معظم السرخسيات، لكن بعض السرخسيات مـن شـعبة الليكوديات والقليل من شـعبة التريدات، وجميع النباتـات البذرية تنتج جراثيم متباينة.

التنوع في السرخسيات Diversity in Pteridophytes

(1) شعبة السيلوديات Division: Psilophyta

يتكـون الطـور الجرثومي من سـيقان وريزومات، وتتميز بعدم وجـود جذور أو أوراق حقيقية، وإن وجدت فهي صغيرة حرشفية ليس بها عرق وسطي أو بها عرق وسطى واحد.

ينتـج الطـور الجرثومي جراثيم متشـابهة. ومن أمثلة السـيلوديات الحية نبات السـيلوتم *Psilotum*. تحمل سـيقان نبات السيلوتم بعض النموات الخارجية تشبه الحراشيف وكذلك بثرات صفراء كل منها عبارة عن ثلاث حوافظ جرثومية ملتحمة Synangium، تنتج داخلها جراثيم متشابهة (شكل 110).

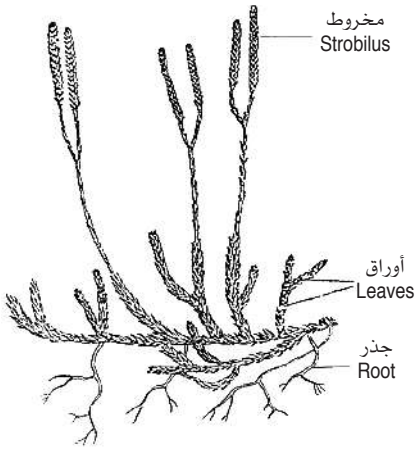


شكل 110: نبات السيلوتم *Psilotum nudum*: (A) النبات الجرثومي، (B) السيقان الخصيبة التي تحمل الحوافظ الجرثومية الثلاثية الملتحمة، (C) إحدى التراكيب الجرثومية المتفتحة ويظهر فيها الجراثيم المتشابهة.

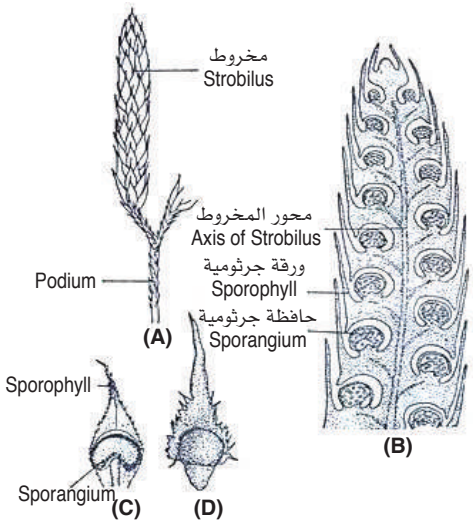
(2) شعبة الليكوديات Division Lycophyta

يرجـع تواجد الليكوديات إلى العصـر الكربوني حيث اشـتملت على نوعين من النباتات الوعائية: حشـائش وأشجار. وقد وصلت أقطار الأشجار في ذلك العصر إلى 2 متر وأطوالها إلى أكثر من 40 متر. الليكوديات العملاقة أسـتطاعت العيش لملايين السـنين في المسـتنقعات الرطبة الدافئة ولكنها أصبحت متحفرة عندما أصـبح المناخ بـارداً وجافاً في نهاية العصـر الكربوني. أما الليكوديات الصـغيرة فيوجـد منهـا الآن حوالي 1200 نـوع. العديد من الليكوديات ينمو على الأشـجار الاسـتوائية «فـوق الأشـجار Epiphytes» كوسـط للعيش ولكنهـا لا تتطفل عليه. والبعض الآخر ينمو في تربة الغابات الدافئة.

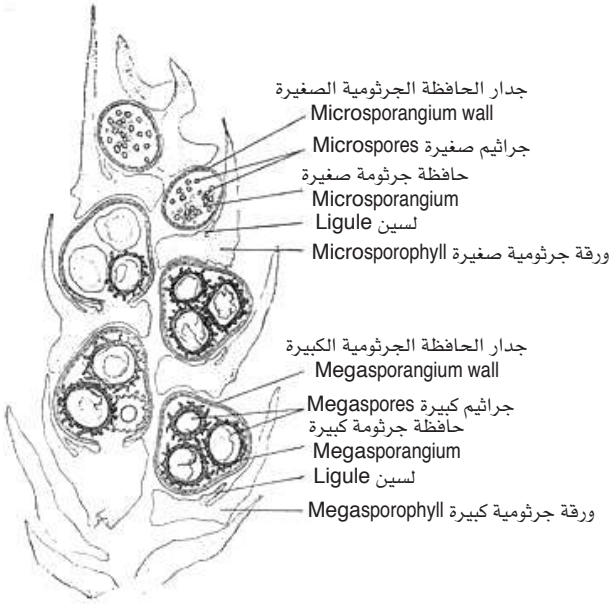
الطور الجرثومي لنباتات هذا القسـم تتميز بوجود جذر وسـاق وأوراق. الأوراق هنا خضراء صغيرة photosynthetic microphylls بها عرق وسطي واحد غير متفرع عادة. الحوافـظ الجرثوميـة محمولة على أوراق تعرف بالأوراق الجرثومية أو الخصـيبة، حيث تحمل كل ورقة جرثومية حافظة جرثومية واحدة على سطحها العلوي. قد تتجمع الأوراق الجرثومية في صورة ما يشبه المخاريط الصولجانية club-(strobili) shaped cones. تنتـج بعضـ الليكوديات جراثيم متشـابهة «مثل: ليكوبوديم *Lycopodium*» (شـكل 111 و112) والبعض الآخر ينتج جراثيم متباينة «مثل: سيلاجينلا *Selaginella*» (شكل 113).



شكل 111: الطور الجرثومي في نبات ليكوبوديم كلافاتم *Lycopodium clavatum* يوضح المخاريط الطرفية.



شكل 112: ليكوبوديم كلافاتم *Lycopodium clavatum*: **(A) العنق يحمل المخروط الطرفي** strobili، **(B) قطاع طولي في مخروط، (C – D) أوراق جرثومية تحمل كل منها حافظة جرثومية.**



شكل 113: قطاع طولي في مخروط السيلاجينلا *Selaginella* **يبين الحوافظ الجرثومية تحمل بعضها جراثيم صغيرة والبعض الآخر جراثيم كبيرة.**

(3) شعبة الذيل حصانيات «السفينودات» Division Sphenophyta

يرجع اسم الشعبة إلى مظهر السيقان المتفرعة والتي تشبه ذيل الحصان، لذلك تعرف بشعبة الذيل حصانيات أو السفينودات. شهدت الذيل حصانيات تميزاً في العصر الكربونى حيث وصلت أنواع منها إلى 15 متر طولاً أما الأن فتوجد أنواع قليلة تنتمي إلى جنس واحد هو ذيل الحصان *Equisetum*.

ينبت نبات ذيل الحصان في معظم أنحاء العالم في مختلف البيئات ولكنه غالباً ما يتواجد في البيئات الرطبة والمستنقعات، وينتشر على ضفاف القنوات والترع والأنهار. بعض الأنواع تنمو فى الأراضي الملحية، والبعض الأخر متكيف مع البيئات الجافة والمتوسطة. أحد أنواع ذيل الحصان يتواجد فى مصر وهو *Equisetum ramosissimum* خاصة فى سيناء والواحات البحرية.

ذيل الحصان Equisetum

الشكل الظاهري

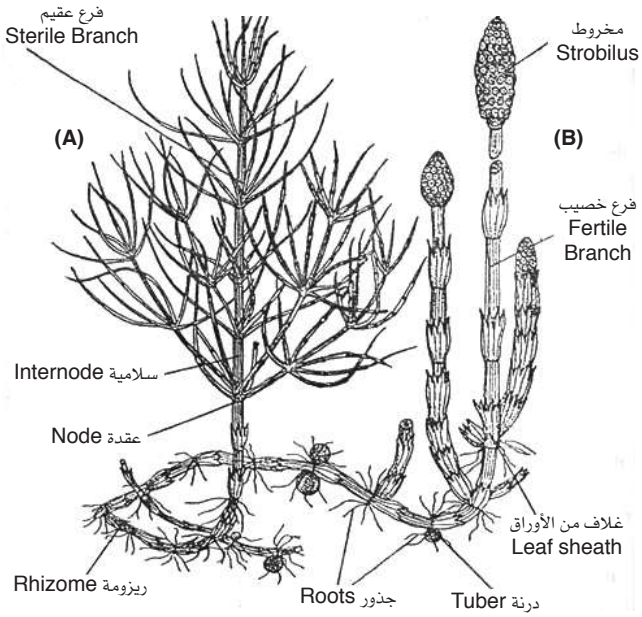
يتكون النبات الجرثومي السائد لذيل الحصان من سيقان وجذور وأوراق. السيقان عبارة عن ساق أفقية أرضية عبارة عن ريزومة معمرة متفرعة ومتميزة إلى عقد وسلاميات. تعطي الريزومات أفرع هوائية قائمة لأعلى (سيقان) وجذور لأسفل. الجذور عرضية ليفية متفرعة تنمو في تجمعات عند عقد الريزومات الأرضية (شكل 114).

يحتوي سطح السيقان على أخاديد متبادلة مع أعراف، وتحمل السيقان عند العقد محيطات من الأوراق الحرشفية. تتحد هذه الأوراق الحرشفية جانبياً عند كل عقدة مكونة غلاف ينتهي بأجزاء غير ملتحمة عبارة عن قمم الأوراق الحرشفية تظهر على هيئة أسنان كما هو موضح بالرسم.

الأوراق خالية من الكلوروفيل تقوم بوظيفة الحماية. في حين نجد ان الساق الأخضر هو المسؤول عن البناء الضوئي. العقد مصمته والسلاميات مجوفة. تخرج من العقد في بعض الأفرع القائمة أفرع جانبية ولكنها في الغالب عقيمة، في حين أن الأفرع غير المتفرعة تحمل الحوافظ الجرثومية في نهايات الأفرع

متجمعة في صورة مخاريط ومحمولة على حوامل خاصة تعرف بحوامل الحوافظ الجرثومية. والحوافظ الجرثومية تحمل جراثيم متشابهة.

لكل مخروط محور رئيسي يحمل على جوانبه في وضع دائري حوامل الحوائط الجرثومية، ويتكون كل حامل من ســاق عمودية على محور المخروط ينتهي بشــكل سداسي الأضلاع يحمل على حافته الداخلية أو سطحه السفلي خمسة إلى عشرة حوافظ جرثومية (شكل 115).



(A)

(B)

شكل 114: نبات ذيل الحصان *Equisetum* مخروط ذيل الحصان: (A) فرع خضري عقيم، (B) فرع خصيب يحمل عدد من الحوافظ الجرثومية.

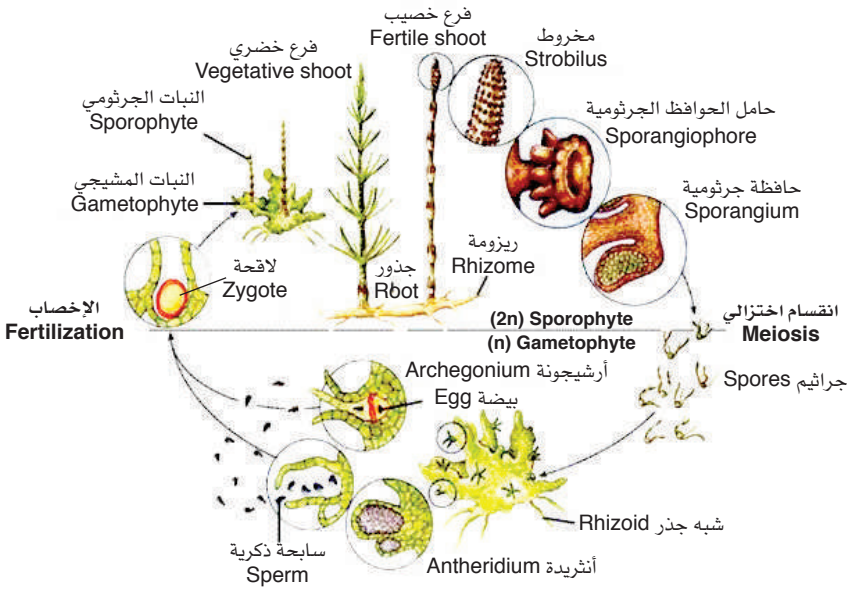
التكاثر الخضري

يتكاثر ذيل الحصان خضرياً عن طريق الدرنات التى تنمو على سطح الريزومات الأرضية. تحتوي كل درنة على كمية كبيرة من النشا والمواد الغذائية الأخرى التي تستهلك أثناء التكاثر الخضري. تنفصل الدرنات وتكون نباتات جديدة .

التكاثر بالجراثيم ودورة حياة نبات ذيل الحصان

تنتج الجراثيم في الحوافظ الجرثومية المحمولة على الحافة الداخلية للقرص السداسي الشكل من حوامل الحوافظ الجرثومية sporangiophores. هذه الحوامل الجرثومية تترتب فى صورة مخاريط cones or strobili. عند النضج تستطيل سلاميات المخروط وتنحني حوامل الحوافظ الجرثومية إلى الخارج وتنفتح الحوافظ الجرثومية طوليا في الجهة المواجهة لساق الحامل. وعندما تتحرر الجراثيم وتنضج تتمزق الطبقة الخارجية من جدار الجرثومة وتتكون أربع شرائط حلزونية تسمى مناثير Elaters وهي حساسة للرطوبة وتساعد في انتثار الجراثيم. تعتبر الجراثيم الخلايا الأولى من النبات المشيجي. عند توفر الظروف المناسبة تنبت الجراثيم فور تحررها مكونة نبات مشيجي عبارة عن نبات ثالوثي يحمل العديد من أشباه الجذور في السطح السفلي. يوجد نوعان من النباتات المشيجية هما نبات ثالوثي صغير ينتج انثريدات فقط ويعرف بالنبات المشيجى المذكر، ونبات ثالوثي كبير ينتج أنثريدات وأرشيجونات معاً. تنجذب السابحات المذكرة (السابحات عبارة عن خلايا حلزونية ملتفة عديدة الأهداب) عند نضج البويضات نتيجة للرائحة المميزة لحمض الماليك الموجود فى المواد اللزجة الناتجة من تحلل الخلايا القنوية العنقية والبطنية. تتجه أعداد هائلة من السابحات المذكرة الى العنق وتصل الى البطن ولكن يلقح خلية البيضة سابحة مذكرة واحدة وتتكون اللاقحة داخل الأرشيجونة. تعبراللاقحة الخلية الأولى من الطور الجرثومي. تنقسم اللاقحة مرات عديدة مكونة جنيناً يعطي الجزء العلوي منه منشئات الساق والأوراق بينما يعطي الجزء السفلي الجذر والقدم. ينمو النبات الجرثومى الصغير ويبدأ فى الاعتماد على نفسه نظراً للنمو السريع

لمنشــأت الســاق والأوراق. يخترق الجذر نســيج الثالوث بينما يخرج الساق خارج عنق الأرشــيجونة وينمو لأعلى. يستمر النمو ليعطي فى النهاية نبات جرثومي بالغ ويعيد بذلك دورة الحياة (شكل 115).



شكل 115: دورة حياة نبات ذيل الحصان *Equisetum* .

(4) شعبة التريدات (السراخس) Division Pterophyta (Ferns)

يشتمل هذا القسم على نباتات حية وأخرى متحفرة. ويرجع تواجدها إلى العصر الكربوني حيث تواجدت بجانب الليكوديات والذيل حصانيات في غابات المستنقعات الشاسعة في ذلك العصر. أما اليوم فتعتبر التريدات اكثر النباتات الوعائية اللابذرية انتشاراً حيث يتواجد أكثر من 1200 نوع. تعيش غالباً في الأماكن الرطبة الظليلة وهي أكثر تنوعاً في المناطق الإستوائية والمدارية، والعديد منها يتواجد في المناطق الدافئة، والبعض ينمو طافياً في الماء، والبعض يستطيع التعايش في المناطق الجافة.

يتكون النبات الجرثومي من جذر وساق وأوراق صغيرة أو كبيرة متفرعة. الأوراق كبيرة غالباً وهي مرتبة ترتيباً حلزونياً. تعرف الأوراق الكبيرة بالأوراق السرخسية (فروندات). وفي أغلب نباتات هذا القسم تترتب الحوافظ الجرثومية في مجموعات تعرف بالبثرات وتوجد البثرات في أغلب الأنواع على السطح السفلي للنصل (شكل 116) وفي أنواع قليلة على حافة النصل. الجراثيم متشابهة غالباً ولكن بعض النباتات تنتج جراثيم متباينة.

تتنوع التريدات في الحجم فمنها التريدات الشجرية التي يصل ارتفاعها إلى حوالي 25 متراً وتصل أوراقها الكبيرة إلى حوالي 5 متر في الطول. ومنها التريدات العشبية صغيرة الحجم، ومن أمثلتها نبات كزبرة البئر *Adiantum capillus-veneris*. وهناك أيضا التريدات المائية التي تنمو طافية على وجه الماء في المستنقعات، من خلال أوراق متحورة والتي لا يزيد قطرها على سنتيمتر واحد أو أقل.

شكل 116: تفرع الأوراق الكبيرة في التريدات، وتظهر البثرات الجرثومية على السطح السفلي للأوراق.

نبات كزبرة البئر *Adiantum capillus-veneris*

يوجـد نبات كزبرة البئر فى الأماكن الرطبة الظليلة وعلى جدران الآبار. الطور السـائد هو النبات الجرثومي (شـكل117) ويتكون من ساق أرضية تسمى ريزومة والتي تخرج من سطحها السفلي جذور عرضية، ومن سطحها العلوي أوراق مركبة ريشية تكون غالباً ثنائية أو ثلاثية التضاعف حيث تتركب الورقة المركبة من محور رئيسي متفرع إلى أفرع كل منها يسمى ريشة، وهذه بدورها تتفرع إلى أفرع أصغر تحمل أوراق خضـراء تسـمى رويشـات. عنـد بداية نمو الأوراق تكـون عادة ملتفة حلزونياً ومغطاه بشـعيرات. توجد البثرات الجرثومية في مجموعات على السـطح السـفلي لحافة الرويشـات، وينحني جزء الرويشـة الذي يحمل البثرات إلى أسفل ويعمل بذلك على حماية البثرات.

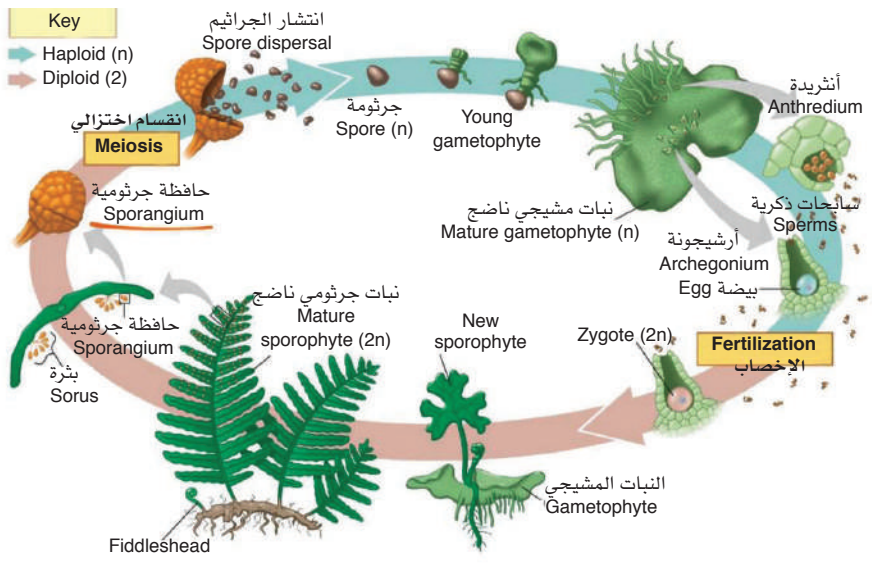
شكل 117: نبات كزبرة البئر *Adiantum capillus-veneris* (النبات الجرثومي السائد)، وتظهر البثرات الجرثومية على السطح السفلى لحافة الرويشات.
(Photo by Robbin Moran 2005)

دورة حياة التريدات

معظم أنواع التريدات تنتج نوعاً واحداً من الجراثيم «جراثيم متشـابهة». يوجد فـي بشـرة جدار الحافظـة الجرثومية خلايـا ذات تغلظ خاص تعـرف بالطوق أو الحلقة Annulus، ونظراً لاختلاف تغلظ جدر خلايا الطوق فإنه يتسبب في انفتاح الحافظة عند نضـجها حيث تتمزق خلايا الشـق الرقيقة وتنتشـر الجراثيم. تنبت كل جرثومة لتعطي نبات مشـيجي أخضـر قادر على القيام بعملية البناء الضوئي.

والنبات المشيجي ثالوثي بسيط قلبي الشكل سمكه طبقة واحدة من الخلايا ما عدا الجزء الوسطي الذي يتكون من عدة طبقات ويحمل على سطحه السفلي أشباه جذور وأنثريدات وأرشيجونات، وتوجد الأخيرة قرب القمة النامية. وعلى الرغم من كون النبات المشيجي ثنائي الجنس إلا أن هناك من الطرق التي تشجع الإخصاب الخلطي حيث تلقح سابحات ذكرية لنبات مشيجي بيضات نبات مشيجي آخر لنفس النوع من التريدات. تسبح السابحات الذكرية في الماء لتصل إلى البيضات داخل الأرشيجونات. تلقح كل بيضة بسابح ذكري واحد وينتج الزيجوت.

ينضج الزيجوت داخل الأرشيجونة وينمو ليكون النبات الجرثومي الذي يعتمد في البداية على النبات المشيجي في الحصول على غذائه. بعد ذلك يتحلل النبات المشيجي ويستقل النبات الجرثومي الذي يكون الطور السائد في حياة التريدات. على الجانب السفلي لأوراق النبات الجرثومي الخصيبة تتكون البثرات حيث تحتوي كل منها على عدد من الحوافظ الجرثومية. يحدث انقسام اختزالي داخل الحافظة الجرثومية لتنتج جراثيم أحادية المجموعة الكروموسومية، وبعد تحرر الجراثيم تنبت لتكون النبات المشيجي وتستمر دورة الحياة (شكل 118).



شكل 118: دورة حياة التريدات

الأهمية الاقتصادية والبيئية للسرخسيات Importance of Pteridophytes

نمت السرخسيات أو التريديات في العصر الكربونى مكونة الغابات العملاقة الأولى. أدى تطور الأنسجة الوعائية والجذور والأوراق في هذه النباتات إلى زيادة معدلات البناء الضوئي أدت إلى استهلاك معظم ثاني اكسيد الكربون من الغلاف الجوي. يقدر العلماء بأن تركيز ثاني أكسيد الكربون في العصر الكربوني قد انخفض إلى الخمس وأدى ذلك إلى انخفاض كبير في درجات الحرارة Global cooling وظهور العصور الجليدية.

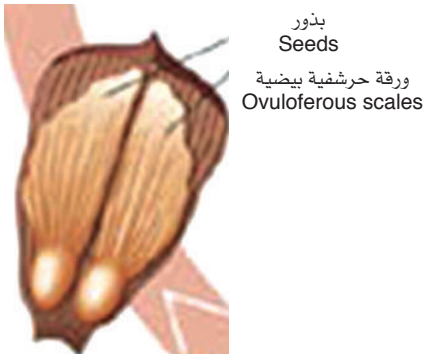
في هذه الأثناء ماتت النباتات التريدية التي كونت الغابات الأولى في مستنقعات العصور الكربونية دون أن تتحلل تحللاً كاملاً مكونة طبقات من المواد العضوية، وبمرور ملايين السنين وتحت تأثير درجات الحرارة والضغط الناتج من الرواسب البحرية التي غطت هذه الطبقات العضوية تحولت المواد العضوية إلى طبقات من الفحم.

تشكل طبقات الفحم التي تكونت في العصور الكربونية النصيب الأعظم من طبقات الفحم التي تكونت على مدار التاريخ. في العصور الصناعية كان هناك اعتماداً أساسياً على الفحم كمصدر للطاقة واستهلاكه. وما زال العالم يحرق ما يقرب من 6 مليارات طن من الفحم سنوياً. ويعتبر استهلاك الفحم المتكون من النباتات التريدية في العصر الحالي والذي نتج عنه إضافة كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون المتسبب الأساسي في ارتفاع درجات الحرارة للغلاف الجوي لكوكب الأرض Global warming.

بعض السراخس مثل المارسيليا *Marsilia* والبتريديم *Pteridum* تعتبر مصدراً للغذاء. تستغل بعض السرخسيات كنباتات زينة مثل السراخس الشجرية وبعض السراخس العشبية مثل كزبرة البئر *Adiantum*. يستخلص بعض الراتنجات الزيتية من أحد أنواع السراخس المعروف باسم دريوبترس *Dryopteris*. تحتوي بعض السراخس على مواد عضوية ذات فائدة طبية.

معراة البذور Gymnosperms

تختلـف معراة البذور Gymnosperms عن مغطـاة البذور Angiosperms في أن: معراة البذور Gymnosperms: تكون بذورها معرضة للجو مباشرة تحمل على أوراق حرشـفية تعرف بالأوراق الحرشـفية البيضية Ovuloferous scales (شكل 119) مرتبة في صورة مخاريط.



شكل 119: بذور الصنوبر عارية على اوراق خاصة داخل المخروط «معراة البذور».

أمـا مغطاة البـذور Angiosperms فتوجد بذورها داخل الثمرة مغطاة (شـكل 120). وتوجد البويضات داخل كرابل مغلقة، وتقع حبوب اللقاح على ميسم الكربلة وتمتد أنبوبة اللقاح حتى تصل إلى البويضة داخل المبيض.

شكل 120: بذرة الخوخ داخل الثمرة "مغطاة البذور".

وتشترك معراة البذور ومغطاة البذور في الصفات التالية:

النبات المشيجي مختزل وميكروسكوبي، ينشأ محاط بنسيج الطور الجرثومي. وهذه تعتبر خطوة تطورية هامة فاختزال النبات المشيجي ونشأته محاط بالنسيج الجرثومي يعطي حماية للنبات المشيجي من ظروف الجفاف ومن الأشعة فوق البنفسجية. كذلك يمكن النبات المشيجي من الحصول على ما يحتاجه من الغذاء من النبات الجرثومي.

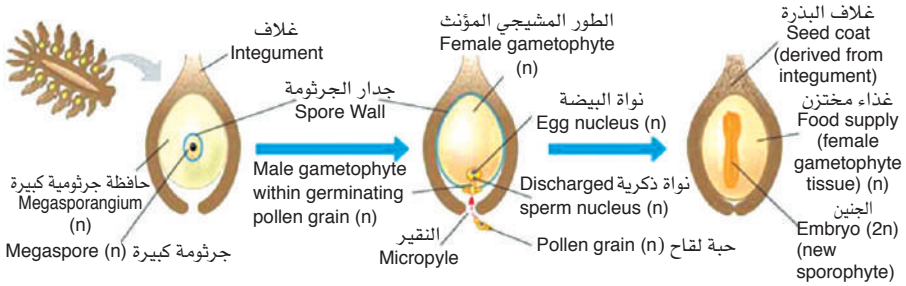
تنتج النباتات البذرية جراثيم متباينة. تنتج الحافظة الجرثومية الكبيرة عدد قليل من الجراثيم الكبيرة تعطي عند النمو النباتات المشيجية المؤنثة، وفي الغالب توجد جرثومة واحدة كبيرة فعالة. في حين تنتج الحافظة الجرثومية الصغيرة جراثيم صغيرة كثيرة العدد، عند انباتها تعطي نباتات مشيجية مذكرة. ينمو النبات المشيجي المؤنث داخل البويضة، في حين ينمو النبات المشيجي المذكر داخل حبة اللقاح. بعد الإخصاب تتحول البويضة المخصبة إلى البذرة.

البويضات Ovules

على الرغم من أن بعض التريديات متباينة الجراثيم، نجد أن جميع النباتات البذرية متباينة الجراثيم. تتميز النباتات البذرية ببقاء الجرثومة الكبيرة داخل النبات الجرثومي، وتنمو طبقات من الخلايا تغلف وتحمي الجرثومة الكبيرة تعرف بالأغلفة integuments تاركة فتحة صغيرة غير مغلفة تعرف بالنقير micropyle. في معراة البذور نجد أن الجرثومة الكبيرة محاطة بغلاف واحد في حين نجد أن الجرثومة الكبيرة في مغطاة البذور محاطة بغلافين. تتكون البويضة Ovule من الحافظة الجرثومية الكبيرة megasporangium، والجرثومة الكبيرة megaspore، والأغلفة integuments (شكل 121 A). داخل البويضة ينشأ النبات المشيجي المؤنث من الجرثومة الكبيرة، حيث تنتج الجرثومة الكبيرة نبات مشيجي عديد الخلايا وتنتج خلية البيضة أو خلايا البيض.

تلقح البيضة بنواة المشيج المذكر الذي ينتج داخل حبة اللقاح ويتم تخصيب البويضة (شكل 121 B). تنمو البويضة المخصبة وتعطي البذرة التي تتكون من

الجنين (2n) الذي يعتبرالنبات الجرثومي الجديد، محاط بنسيج غذائي الناشئ من نسيج النبات المشيجي، ومحاط بغلاف البذرة الناشئ من غلاف البويضة (شكل C 121).



(**A**) بويضة غير مخصبة
الصنوبر (معراة البذور)

(**B**) بويضة مخصبة

(**C**) البذرة

شكل 121: مراحل تحول البويضة إلى البذرة

حبوب اللقاح Pollen grains

تنتج الجراثيم الصغيرة حبوب اللقاح التي تحتوي على النباتات المشيجية المذكرة. تنقل حبوب اللقاح عن طريق الرياح أو بتعلقها بجسم الحيوان (الذي يزور النبات للغذاء) إلى البويضات في عملية تعرف بالتلقيح Pollination. عند نمو حبة اللقاح فإنها تعطي انبوبة اللقاح pollen tube، الذي ينتقل من خلالها المشيج المذكر إلى النبات المشيجي المؤنث داخل البويضة.

يلاحظ ان الحزازيات والسرخسيات تنتج السابحات المذكرة وعليها الأهداب والتي عليها أن تسبح في الماء لتصل إلى خلية البيضة، وفي هذه الحالة لا يتعدى انتقال المشيج المذكر أو السابحة المذكرة عدة سنتيمترات. ولكن في النباتات البذرية نجد أن النبات المشيجي المؤنث لايفارق البويضة، والنبات المشيجي المذكر داخل حبة اللقاح يمكن أن يحمل إلى مسافات بعيدة بواسطة الرياح أو الملقحات الحشرية.

والنباتـات الحية من معراة البذور تعطينا دليـلاً على هذا التحول فبعض أنواع معراة البذور تعطي سـابحات لها أهداب، في حين أن غالبية نباتات معراة البذور وجميع نباتات مغطاة البذور تعطي أمشـاج أو خلايا ذكرية عديمة الأهداب. وذلك لأن الأمشـاج الذكرية ليسـت في حاجة إلى وجود الماء لتسبح وتصل إلى البويضة لأن حبـة اللقـاح وبداخلهـا المشـيج المذكر تحمل كمـا ذكرنا بواسـطة الرياح أو الملقحات إلى البويضـات (معراة البذور) وإلى المياسـم (مغطـاة البذور) وانبوبة اللقاح تسـاعد في وصول المشـيج المذكر إلى البويضة. تطور نشأة البذرة ساعد في تحمل الظروف البيئية القاسية وكذلك ساعد في انتشار النباتات إلى مسافات أوسع.

يرجـع التاريخ الحفـري لمعراة البذور إلى العصـر الديفوني العلوي. وسـادت النباتات معراة البذور في عصر الحياة المتوسطة Mesozoic era، ولكن في عصر الحيـاة الحديثـة Cenozoic era تم اسـتبدالها في عديد مـن المواطن بالنباتات الزهرية.

التنوع في معراة البذور Diversity in Gymnosperms

تنقسم النباتات معراة البذور إلى أربعة شعب هي:

شعبة: الجينكودات Division: Ginkgophyta

ويتبعها نوع واحد هو نبات الجينكو *Ginkgo*.

شعبة: السيكادات Division: Cycadophyta

وتضم 130 نوعاً ومنها نبات السايكس *Cycas*.

شعبة: الجنيتودات Division: Gnetophyta

وتضم 75 نوعاً ومنها نبات الإفدرا *Ephedra*.

شعبة: المخروطيات Division: Coniferophyta

وتضم 600 نوعاً ومنها نبات الصنوبر *Pinus*.

(1) شعبة الجينكودات Division Ginkgophyta

تحتوي هذه الشعبة على نوع واحد حي هو نبات الجينكو *Ginko biloba* . يحمل هذا النبات أوراق متساقطة تشبه المروحة وتتحول إلى اللون الذهبي في فصل الخريف (شكل 122). يعد هذا النبات من نباتات الزينة ويستخدمه الصينيون منذ أكثر من أربعة آلاف سنة في الطب الشعبي. ويستخدم في الوقت الحالي على نطاق واسع. يستخلص من أوراق الجينكو خلاصات لتنشيط الدورة الدموية ومنع التجلطات وهي مفيدة جداً خاصة في تنشيط الدورة الدموية بالمخ، وتساعد في تنشيط الذاكرة لدى كبار السن.

شكل 122: أوراق نبات الجينكو *Ginko biloba* .

(2) شعبة السيكادات Division Cycadophyta

تضـم هـذه الشـعبة 130 نوعاً حيـاً تنتشـر في المناطـق الإسـتوائية وتحت الإستوائية، وقد كانت سائدة في عصر الحياة المتوسطة «Mesozoic era» والذي يعرف بعصر السيكادات كما يعرف بعصر الديناصورات.

تشـبه السـيكادات النخيل حيث تحتوي على سـاق غير متفرعة مغطاه بقواعد الأوراق البالية وفي أعلى السـاق توجد هامة من الأوراق المركبة الريشـية كأوراق النخيـل. فـي قمة السـاق يوجد مخـروط مذكـراً أو مؤنثاً حيـث أن النبات ثنائي المسكن والمخاريط كبيرة الحجم (شكل 123).

للسيكادات تاريخ كمصدر للغذاء والدواء، فكان يستخرج النشا من قشرة ونخاع السيكادات. أما اليوم فتزرع للزينة والأغراض التعليمية.

المخروط المذكر

المخروط المؤنث

شكل 123: سايكاس ***Cycas revoulata*** .

(3) شعبة الجنيتودات Division Gnetophyta

تعتبر هذه الشعبة من أرقى عاريات البذور لوجود أوعية في نسيج الخشب نظراً لاعتماد السرخسيات وبقية عاريات البذور على القصيبات فقط في نقل الماء والأملاح داخل النبات. بالإضافة إلى اختلاف شكل المخروط المذكر والمخروط المؤنث عن بقية عاريات البذور. يتبع هذه الشعبة 75 نوعاً تنتمي لثلاثة أجناس هي جنس (*Ephedra, Gnetum, and Welwitchia*)، وتنتشر في المناطق الإستوائية والصحراوية. ويتواجد بعض الأنواع برياً في مصر وبخاصة في سيناء تنتمي لجنس الإفدرا *Ephedra* حيث يعتبر من النباتات الجفافية.

يستخدم جنس الإفدرا *Ephedra* (شكل 124) طبياً حيث يستخرج منه الإفدرين المستخدم في علاج الأزمات القلبية والأمراض التنفسية. ومازال يستخرج الإفدرين من الأنواع الصينية ولكن المستخدم الأن يتم تصنيعه كيماوياً. وقد استخدم الصينيون الإفدرين طبياً منذ أكثر من 4700 سنة.

شكل 124: نبات الإفدرا *Ephedra sp*.

الأنوع المختلفة لجنس الإفدرا واسـعة الانتشـار حيث سجلت في جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية وجنوب أوروبا وشـمال أفريقيا وجنوب غرب ووسـط آسيا وشمال الصين وغرب أمريكا الجنوبية.

كذلك تم تسـجيل شـجيرات الإفدرا في دولة الكويت في محمية صباح الأحمد الطبيعيـة حيـث يعرف بالعلندة، والإفـدرا نبات أحادي أو ثنائي المسـكن، ويتميز بسـيقان قائمـة خضـراء تتكـون في خصـلات أو مجموعـات تقوم بعمليـة البناء الضـوئي، والأوراق عادة مختزلة حرشفية جافة متقابلة وقد تكون سوارية، وتتصل قواعد الأوراق معا اتصـالا غشـائيا مكونة غمداً واضحا عند كل عقدة. المخروط المذكر ذو قمة مستديرة ويتكون عادة من عدد زوجي من قنابات عقيمة يوجد في إبط كل واحدة من القنابات العليا فرع يحمل حوافظ جرثومية صغيرة. والمخروط المؤنـث ذو قمـة مدببة ويتكون مـن محور يحمل 4 – 7 أزواج مـن قنابات متقابلة ومتعامـدة. ومعظم القنابات عقيمة ولكن توجد في إبط إحدى القنابتين العلويتين أو كلتيهما أحيانا بويضـة قصـيرة العنق وأحيانا بويضتان في مخروط مؤنث واحد ولكن إحداهما قد تكون عقيمة ويطلق على المخروط الأنثوي المحتوي على بويضة واحدة وصف وحيد البويضة Uniovulate.

(4) شعبة الصنوبريات Division Coniferophyta

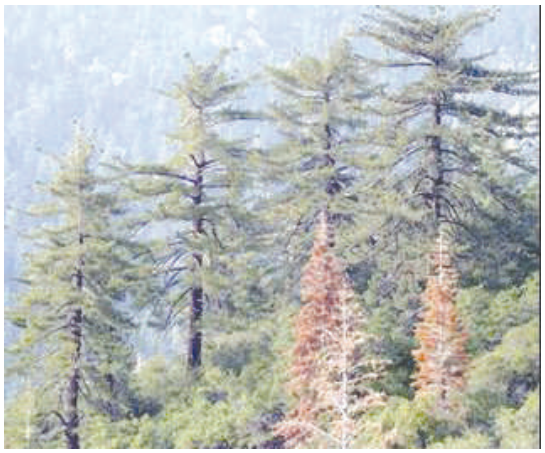
تمثل الصنوبريات الغابات الشجرية السائدة في المناطق الباردة. يرجع تاريخ حفريات هذا القسم إلى حوالي 299 مليون سنة (العصر الكربوني). معظم المخروطيات من الأشجار دائمة الخضرة. لها أهمية اقتصادية كبرى كمصدر للأخشاب وصناعة الورق. تحتوي شعبة الصنوبريات على 600 نوعاً. وتعتبر العائلة الصنوبرية Family: Pinaceae والعائلة الصروية Family: Cupressaceae من أكبر العائلات النباتية التي تتبع المخروطيات.

العائلة الصنوبرية Family: Pinaceae

تضم العائلة الصنوبرية 11 جنساً و232 نوعاً، ويعتبر جنس الصنوبر أكثر هذه الأجناس تنوعاً حيث يضم 114 نوعاً.

نبات الصنوبر *Pinus*

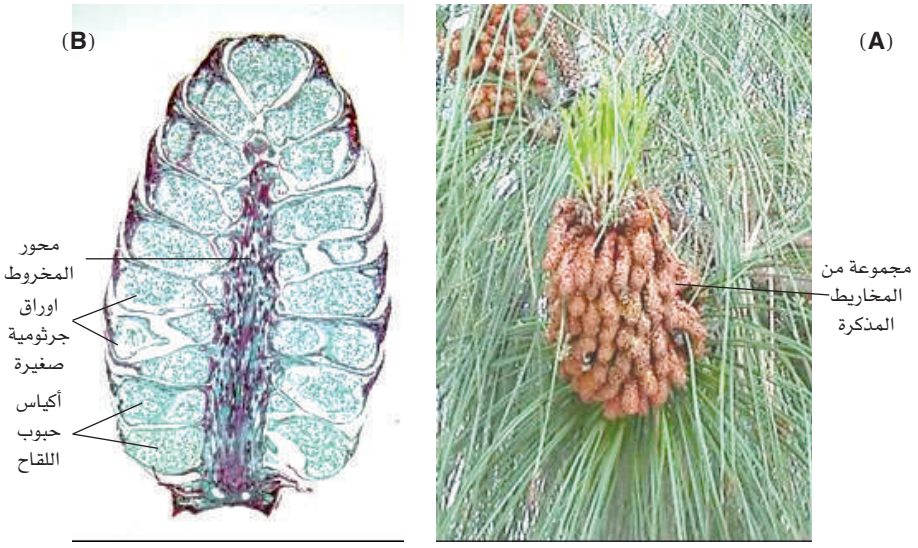
الصنوبر عبارة عن شجرة كبيرة مخروطية الشكل (شكل 125) وذلك لوجود الفروع الكبيرة إلى أسفل والصغيرة جهة البرعم الطرفي للنبات. ويغطي سطح الساق أوراق حرشفية كثيرة متزاحمة مرتبة حلزونياً وفي إبط كل ورقة حرشفية برعم يعطي عادة ساق قزمية تحمل عدداً محدوداً من الأوراق الخضراء الإبرية الشكل.



شكل 125: أشجار الصنوبر.

وقـد يعطـي البرعم الإبطـي فرعاً جانبياً طويـلاً مماثلاً للسـاق تماماً وتحمل الشـجرة المخاريط المؤنثة والمذكرة. والمخـروط المؤنث يحل محل فرع جانبي، أما المخاريط المذكرة فتوجد في مجموعات كبيرة على الفرع الجانبي ويخرج كل مخروط مذكر في إبط ورقة حرشفية تماماً مثل الساق القزمية.

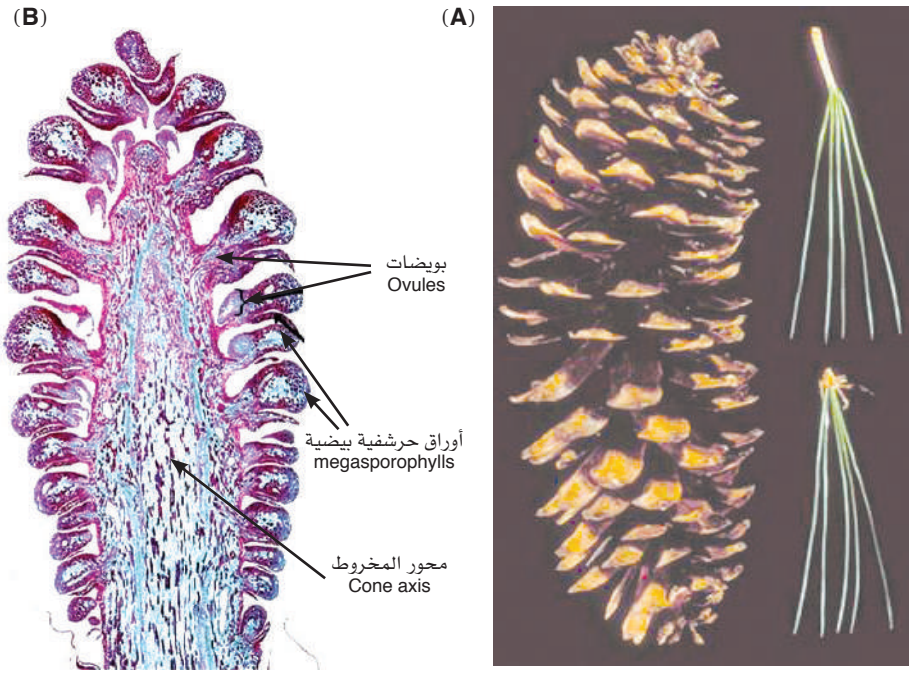
و فـي القطـاع الطولي للمخـروط المذكر يظهر تركيبه من محـور تترتب عليه أوراق جرثومية صـغيرة microsporophyll تحمل على سـطحها السفلي حافظتين جرثوميتين صغيرتين أو كيسي لقاح (شكل 126). عند النضج تنفتح أكياس اللقاح وتخرج منها الجراثيم الصغيرة أو حبوب اللقاح. ولكل حبة لقاح جناحان يساعدانها على الإنتشار بالهواء والوصول إلى البويضة المحمولة على المخروط المؤنث.



شكل 126: نبات الصنوبر *Pinus*

(A) المخاريط المذكرة في نبات الصنوبر، (B) قطاع طولي في مخروط مذكر.

والمخـروط المؤنـث يتكـون من محـور يحمل عدداً مـن الحراشـيف القنابية وكل حرشـفة قنابية تحمل فوقها حرشـفة بيضـية Ovuloferous scale، وتحمل الحرشفة البيضية على سطحها العلوي بويضتين (شكل 127) وتكون فتحة النقير جهـة المحور، عند النضـج تخـرج من النقير نقطة لزجة تلتصـق بها بعض حبوب اللقاح المنتشرة في الجو.

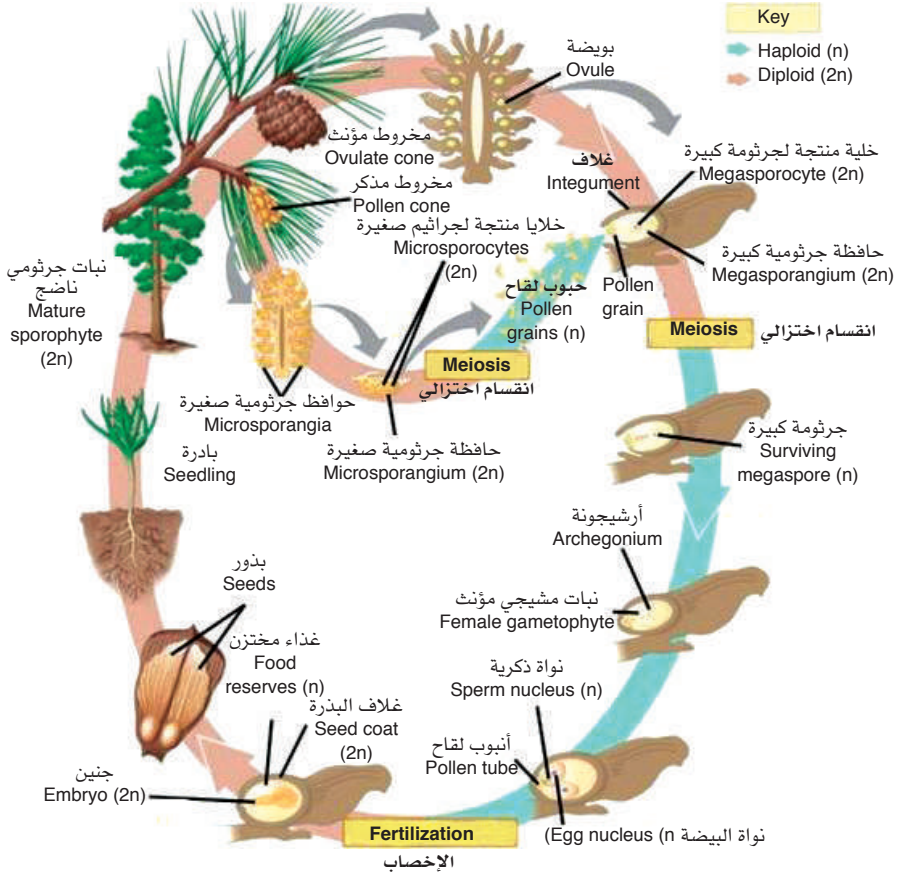


شكل 127: نبات الصنوبر *Pinus*،

(A) المخروط المؤنث والأوراق الإبرية في نبات الصنوبر، (B) قطاع طولي في مخروط مؤنث.

تسـتقر حبة اللقاح عند النقطة اللزجة ثم تدخل خلال فتحة النقير، وتنقسـم خليـة حبـة اللقاح إلى خليتين تمثلان النبات المشـيجي المذكـر وخلية ثالثة تمثل الخليـة الأنثريديـة وخليـة رابعة هي الخليـة الأنبوبية التي تكون فيمـا بعد أنبوبة اللقاح. تمتد أنبوبة اللقاح داخل البويضة وتستطيل حتى تصل إلى عنق الأرشيجونة فتحطمـه وتكـون الخلية الأنثريدية قد انقسـمت مكونة خليتين ذكريتين تخصـب إحداها خلية البيضة فتتكون اللاقحة التي تكون انقساماتها جنيناً جرثومياً صغيراً

عبــارة عن ســويقة تحت فلقية في طرفها جذير وفي طرفها الآخر ريشــة محاطة بعدد كبير من الفلقات. يحاط الجنين بنسيج النبات المشيجي المؤنث الذي يختزن الغــذاء ويتحول غلاف البويضــة إلى قصــرة البذرة. وعند الإنبــات يخرج الجذير ويضــرب في الأرض وتستطيل السويقة تحت الفلقية حاملة الريشة والفلقات فوق ســطح الأرضــ أي أن الإنبات هوائي في الصــنوبر ثم تتحول البــادرة تدريجياً إلى شجرة غير محدودة النمو (شكل 128).



شكل 128: دورة حياة الصنوبر.

العائلة الصروية Family: Cupressaceae

تتبع هذه العائلة 30 جنسا ينتمي إليها 142 نوعاً. تتميز أخشاب أشجار العائلة الصروية بالصلابة ومقاومتها للعديد من الآفات والتحلل الفطري لذلك تستخدم في الإنشاءات التي تلتصق بالتربة. من أكثر الأجناس شيوعاً جنس السيكويا *Sequoia*، وجنس العرعر أو العلعلان *Juniperus*.

تحتوي العائلة الصروية على أكبر وأطول وأقدم شجرة حية وهي من أنواع أشجار السيكويا وتعرف بشجرة ردوود أو شجرة الخشب الأحمر (*Sequoia sempervirens*) redwood. حيث يصل طولها إلى أكثر من 110 متراً وقطر جزعها يزيد عن 11 متر، وتوجد هذه الشجرة العملاقة في الشريط الساحلي لشمال كاليفورنيا. في حين توجد أكثر أشجار الردوود وزناً في المحمية الطبيعية بشمال كاليفورنيا أيضاً وتعرف بال *Sequoiadendron giganteum* (شكل 129) والتي يصل وزنها إلى 2500 طن (وهذا يعادل وزن 24 من الحيتان الزرقاء – أضخم الحيوانات).

شكل 129: أضخم شجرة في العالم وزناً *Sequoiadendron giganteum*.

شجرة العرعر أو العلعلان *Juniperus phoenicea*

تتواجد أشــجار العرعر الفنيقي (شــكل 130) في دول منطقــة البحر الأبيض المتوســط من المغرب والبرتغال إلى إيطاليا وتركيا ومصــر، وفي لبنان وفلسطين والأردن. كذلــك توجــد أنــواع أخرى من العرعــر مثل العرعر الشــائع *Juniperus communis* الذي ينمو في سلطنة عمان وفي إيران وأفغانستان وباكستان.

يســتخدم نبــات العرعر *Juniperus* في الطب الشــعبى في عديــد من البلدان لعلاج السمنة وكذلك تستخدم زيوتها في علاج الأمراض الروماتيزمية.

شكل 130: شجرة العرعر الفنيقي *Juniperus phoenicea*.

مغطاة البذور «النباتات الزهرية» Angiosperms

تعـرف مغطاة البذور بالنباتات الزهرية وهي التـي تنتج تراكيب تكاثرية تعرف بالأزهار والثمار. تعتبر مغطاة البذور أكثر المجموعات النباتية تنوعاً حيث تم وصف وتسمية أكثر من 250،000 نوع تمثل ما يقرب من 90% من المملكة النباتية. تشتمل مغطاة البذور على شعبة واحدة هي المغنوليات Division:Magnoliophyta والتي يتبعها طائفتان هما: طائفة نباتات ذوات الفلقة الواحدة Class: Monocotyledon "Monocot"، وطائفة نباتات ذوات الفلقتين "Dicots" Class: Dicotyledons.

تشتمل النباتات الزهرية على أكثر من 300 عائلة نباتية. تعتبر الأزهار والثمار أكثر أعضـاء النبات دلالة على الصـفات الوراثية من الأوراق والأعضـاء الخضرية الأخرى. لذلك يعتمد تصنيف عائلات النباتات الزهرية على صفات الأزهار والثمار بشـكل أساسـى ثم بعد ذلك ينظر إلى صـفات الأوراق والسـيقان والجذور وباقي الصـفات النباتيـة والبيئية الأخرى. بعضـ العائلات النباتية تحتـوي على أجناس وأنـواع قليلـة فـي حين نجـد أن البعض الآخر يحتـوي على المئات مـن الأجناس والآلاف من الأنواع النباتية.

الزهرة والتلقيح

تعتبر الزهرة تركيب مميز لمغطاة البذور متخصص لأداء التكاثر الجنسي. في العديـد من النباتات الزهرية تقوم الحشـرات وحيوانـات أخرى بنقل حبوب اللقاح من زهرة لتصـل إلى الأعضـاء الجنسية المؤنثة لزهرة أخرى ويعرف هذا بالتلقيح الحشـري والذي يضـمن توجيه حبوب اللقاح على عكس الرياح التي تحمل حبوب اللقـاح والتي يعتمـد عليها غالبية معـراة البذور في التلقيح. هنـاك بعض نباتات مغطاة البذور تعتمد على التلقيح بواسطة الرياح وبخاصة النباتات التي تعيش في كثافة عالية من الأفراد مثل الحشائش وأشجار الغابات.

مكونات الزهرة Flower Structure

الزهرة عبارة عن ساق قصيرة مفلطحة تعرف بالتخت receptacle تحمل أوراق متحورة في محيطات تعرف بالأعضاء الزهرية، والبرعم الذي تنشأ منه الزهرة يسمى برعماً زهرياً، والورقة التي تخرج من إبطها الزهرة تسمى بالقنابة. وقد تكون الزهرة معنقة أو جالسة. والمحيطات الزهرية هي: الكأس، والتويج، والطلع، والمتاع (شكل 131).

الكأس Calyx

وتسمى أوراقه سبلات وهي غالباً خضراء وظيفتها حماية الأجزاء الداخلية للزهرة وبخاصة قبل تفتحها وقد تكون ملتحمة مع بعضها أو سائبة، وقد تجف وتسقط بعد نضج الثمرة أو قد تبقى ملتصقة بالثمرة.

التويج Corolla

تسمى أوراق التويج بالبتلات وهي غالباً ملونة وأحياناً ذات رائحة تعمل على جذب الحشرات للقيام بعملية التلقيح الخلطي. وهي أيضاً تقوم بحماية الأعضاء الداخلية للزهرة. أما الأزهار التي تعتمد على الرياح في التلقيح فنجد أن بتلاتها غير ملونة. قد تكون البتلات ملتحمة مع بعضها أو سائبة، وهي غالباً تذبل بعد نضج الثمرة. ويعتبر الكأس والتويج من المحيطات العقيمة في الزهرة اى لا دخل لهما بالتكاثر الجنسي.

الطلع Androecium

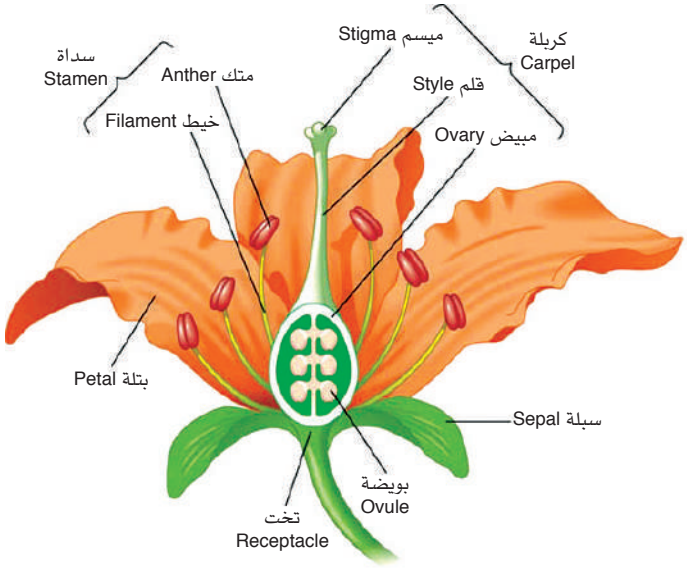
يعتبر الطلع عضو التذكير في الزهرة ويتكون الطلع من أسدية stamens وهي تمثل الأوراق الجرثومية الصغيرة ووظيفتها إنتاج الجراثيم الصغيرة التي تعطي حبوب اللقاح والتي بدورها تحتوي على الطور الجاميتي أو المشيجي المذكر. تتكون كل سداة من خيط filament ينتهي من أعلى بالمتك anther، ويتكون كل متك من فصين مستطيلين يتحدان مع بعضهما بنسيج يمتد من قاعدة المتك إلى قمته، وكل فص يحتوي على كيسين من أكياس حبوب اللقاح. وعندما يكتمل نضج

المتـك تتحـرر منه حبوب اللقاح. قد تكون الأسـدية سـائبة أو قـد تكون خيوطها ملتحمة مع بعضها أو متكها ملتحمة مع بعضهما، وقد تكون الأسدية فوق بتلية إذا التحمت خيوطها مع البتلات.

المتاع Gynoceium

يعتبر المتاع عضو التأنيث في الزهرة ويتكون المتاع من كرابل carpels، وتعتبر الكرابـل الأوراق الجرثوميـة الكبيرة والتي تنتج الجراثيـم الكبيرة، وبداخلها تتميز الأطوار المشيجية الأنثوية التي تنتج البويضات.

قـد يتكـون المتاع من كربلة واحـدة أو عدة كرابل، وقد تكـون الكرابل ملتحمة مع بعضـها أو سـائبة. تتكون الكربلة من جزء منتفخ يسمى بالمبيض ovary الذي قد يحتوي على بويضـة واحدة أو أكثر، يعلوه القلم style والذي يؤدي إلى الميسـم stigma ووظيفته استقبال حبوب اللقاح. فإذا ما خصبت البويضة أنتجت البذرة.



شكل 131: تركيب الزهرة.

الثمار Fruits

تتكـون الثمرة من مبيض ناضــج وقد تحتوي على أعضــاء أخــرى من الزهرة في بعضـ النباتات. بعد الإخصــاب تتحول البويضــات إلى بذور ويتغلـظ جدار المبيض مكونــاً جدار الثمرة. وتتســاقط معظم باقي أجزاء الزهرة. يعتبــر قرن البازلاء مثالاً للثمرة حيث تتكون من بذور «بويضــات مخصــبة ناضــجة» محاطة بمبيض ناضــج. تحمي الثمار البذور الكامنة وتســاعدها في الانتشار. يتكون جدار الثمرة Pericarp مــن ثلاثة أجزاء هي : طبقة خارجية exocarp، وطبقة وســطى mesocarp، وطبقة داخلية endocarp.

تقسيم الثمار Classification of Fruits

يمكن تقسيم الثمار من عدة أوجه إلى أنواع متباينة فمثلاً:

(1) تقسم الثمار من حيث نشأتها إلى بسيطة ومتجمعة ومركبة وكاذبة.

(2) وتقسم الثمار تبعاً لطبيعة الجدار الثمري إلى غضة وجافة (شكل 132).

(3) وتقسم الثمار تبعاً لانتشار البذور إلى ثمار متفتحة وثمار غير متفتحة.

الثمار البسيطة: تنتج من كربلة واحدة مثل الخوخ أو عدة كرابل ملتحمة مثل الطماطم.

الثمار المتجمعة: تنتج من زهرة واحدة كرابلها غير ملتحمة مثل الفراولة.

الثمار المركبة: تنتج من مجموعة أزهار مثل التين والتوت.

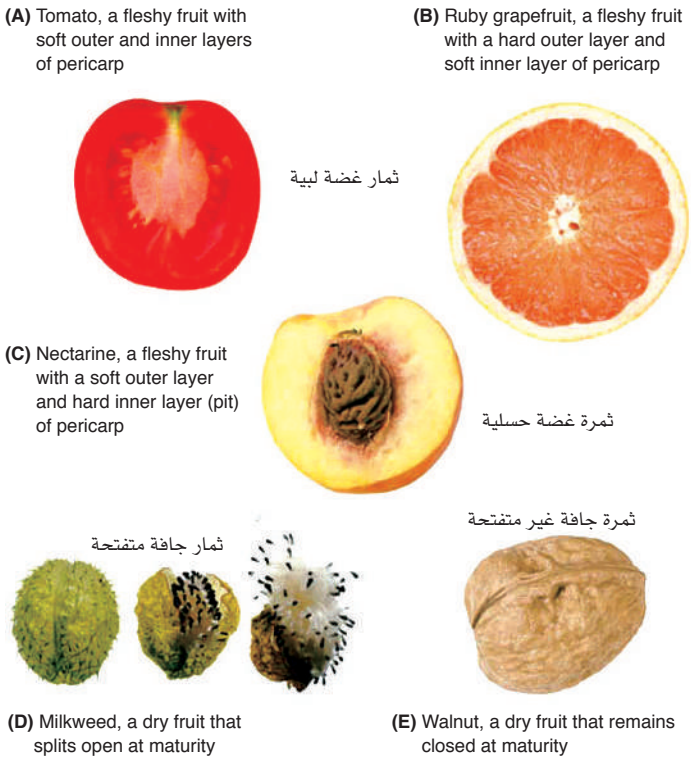
الثمــار الكاذبة: ثمار تنشــأ من نمو التخت الذي يحيــط بالمبيض إحاطة كاملة مكوناً الجزء الغض من الثمرة مثل التفاح والكمثرى.

الثمار الغضة Succulent fruits

في الثمار الغضــة يكون الغلاف الثمري كله أو جزء منه عصــيريا، ويوجد منها نوعــان ثمار غضــة حســلية Drupe fruit، وثمار غضــة لبيــة Berry fruit، فإذا ما كان الغلاف الخارجي جلديا رقيقا والغلاف الوســطي متشــحما والغلاف الداخلي خشــبيا تسمى ثمرة حســلية مثل البرقوق والمشمش والخوخ والزيتون واللوز وجوز الهند. وإذا ما كان الغلاف الداخلي غشائياً أو لحمياً فتسمى الثمرة لبية مثل العنب والبرتقال والطماطم والبلح والخيار وغيرها.

الثمار الجافة Dry fruits

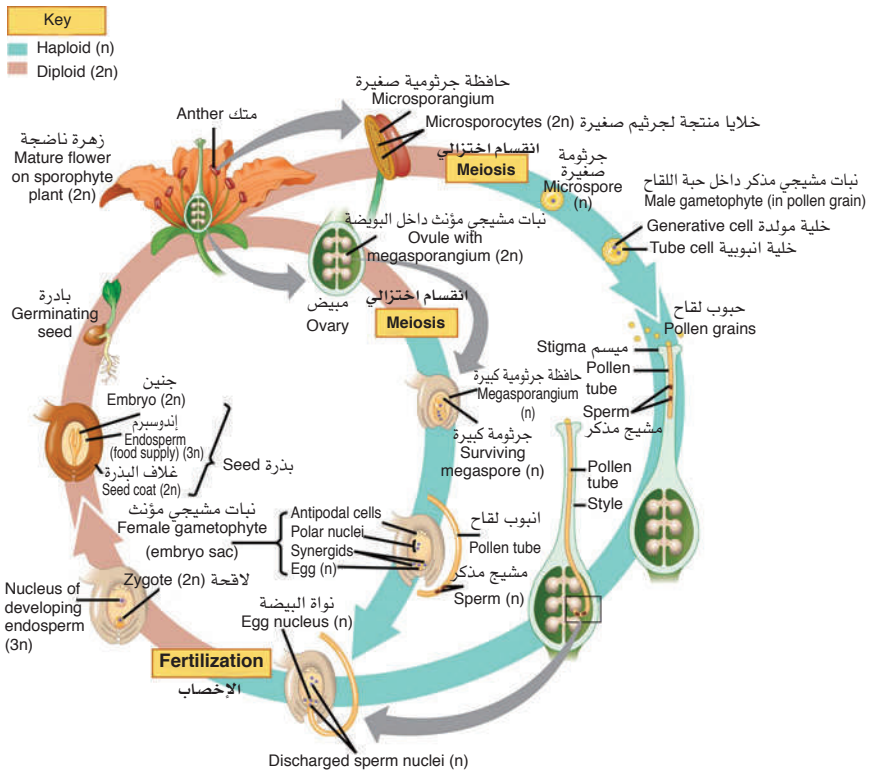
قد تكون الثمار البسـيطة جافة خشـبية أو جلدية بحيث لا يمكن تمييز أجزاء الغـلاف الثمـري. وقد تكون متفتحة مثل الفول والخشـخاش، أو غير متفتحة مثل البندق ودوار الشمس والقمح.



شكل 132: بعض أشكال الثمار الغضة والثمار الجافة. من الثمار الغضة: (A، B) ثمار لبية كما في الطماطم والموالح، (C) وثمرة حسلية مثل الخوخ. من الثمار الجافة: (D) ثمار جافة متفتحة مثل الصقلاب، (E)، وثمرة جافة غير متفتحة مثل الجوز.

دورة حياة النباتات الزهرية

تنتج الزهرة على النبات الجرثومي جراثيم صـغيرة تعرف بحبوب اللقاح والتي تنمـو داخـل الحوافظ الجرثومية الصـغيرة. تنضـج حبوب اللقـاح مكونة الأطوار المشـيجية المذكرة. كذلك تنتج الزهرة البويضات التي تحتوي على جراثيم كبيرة داخـل الحوافظ الجرثومية الكبيرة والتي يحاط كل منها باثنين من الأغلفة. وعند نضـج الجراثيم الكبيرة تنتج الأطوار المشـيجية المؤنثة داخل البويضات. تحتوي كل حبة لقاح على خليتين (n) هما: (a) خلية مولدة generative cell والتي تنقسم معطية إثنين من الخلايا المشـيجية المذكرة sperm (b) وخلية أنبوبية tube cell والتـي تنتـج أنبوب اللقاح pollen tube. تنمو البويضـات داخـل المبيض. تحتوي البويضة على الطور المشيجي المؤنث والذي يعرف أيضاً بالكيس الجنيني ويحتوي على عدد قليل من الخلايا أحدهما البيضة (شكل 133).



شكل 133: دورة حياة النباتات الزهرية.

تحمل حبوب اللقاح بعد تحررها من المتك لتصل إلى المياسم اللزجة التي توجد عند قمم الكرابل. على الرغم من أن بعض الأزهار ذاتية التلقيح Self-pollination، فإن معظم الأزهار تتميز بأليات تجعلها تتبع التلقيح الخلطي cross-pollination (شكل 134) والذي يمكن تعريفه بانتقال حبوب اللقاح من متك زهرة على نبات إلى ميسم زهرة أخرى على نبات آخر لنفس النوع، ويشجع التلقيح الخلطي تنوع الجينات. فإذا ما تم التلقيح الخلطي بواسطة الحشرات عرف بالتلقيح الحشري.

تلقيح أزهار بعض الصبارات بواسطة الخفافيش

تلقيح بواسطة بعض الطيور

تلقيح بواسطة أنواع من النحل

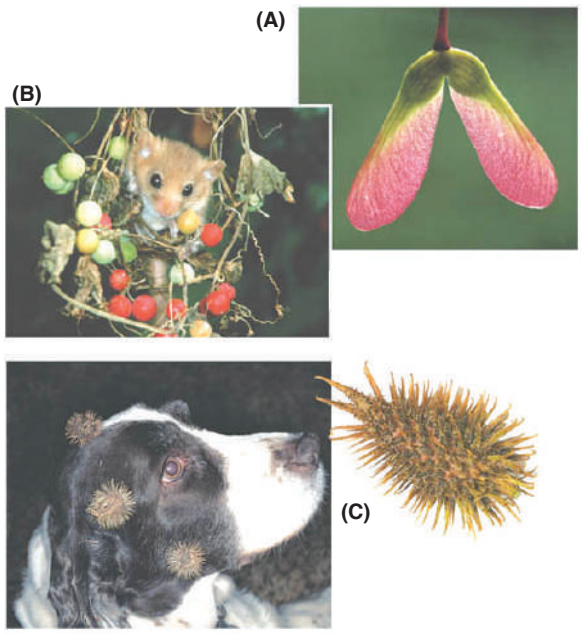
شكل 134: أنواع من الملقحات التي تحمل حبوب اللقاح من زهرة لأخرى.

تنبت حبة اللقاح بعد أن تلتصق بالميسم مكونة الطور المشيجي المذكر والذي يمد أنبوبة اللقاح داخل القلم ثم إلى المبيض حتى يخترق البويضة من النقير micropyle، وتتحرر خليتين ذكريتين داخل الطور المشيجي الأنثوي أو ما يعرف

بالكيس الجنيني embryo sac. تلقح أحد الخلايا المذكرة خلية البيضة مكونة اللاقحة ثنائية المجموعة الصبغية، وتندمج الخلية المذكرة الأخرى مع النواتين الموجودتين في الخلية الكبرى المركزية للطور المشيجي الأنثوي مكونة خلية ثلاثية المجموعة الصبغية. يعرف ذلك بالإخصاب الثنائي أو الإخصاب المزدوج double fertilization ويميز هذا النوع من الإخصاب النباتات الزهرية. بعد الإخصاب الثنائي تنضج البويضة المخصبة وتتحول إلى بذرة. تنمو اللاقحة إلى جنين من خلال انقسامات متعددة، والجنين عبارة عن نبات جرثومي صغير ثنائي المجموعة الصبغية (2n). كذلك تنقسم الخلية المركزية ثلاثية المجموعة الصبغية (3n) عدة انقسامات متتالية مكونة نسيج غني بالنشا والمواد الغذائية المدخرة يعرف بالإندوسبرم endosperm. أثناء ذلك تنمو أغلفة البويضة مكونة قصرة البذرة، كما ينمو جدار المبيض مكوناً غلاف الثمرة وتتكون حينئذ الثمرة، أي أن الثمرة عبارة عن المبيض الناضج. وعند إتمام نضج البذرة تجف ويبقى الجنين في حالة سكون.

تتكون البذرة من جنين يحيط به غلاف يسمى القصرة، ويتكون الجنين من الريشة والجذير وواحدة أو إثنتين من الفلقات (والتي تعرف بالأوراق البذرية). والمادة الغذائية قد تكون مدخرة في الفلقات مثل بذور الفول، أو تكون موجودة في نسيج يحيط بالجنين يسمى الإندوسبرم مثل بذور الخروع.

تنتشر البذور بعدة وسائل فمنها ما خف وزنه ومزود بشعيرات أو أجنحة ينتشر عن طريق الرياح (شكل 135). ومن البذور ما ينتشر عن طريق الحيوانات التي تتغذى على الثمار الغضة أو الجافة ثم تخرج البذور مع الفضلات، ومنها مايتعلق بجسم الحيوانات فينتقل معها من مكان لآخر. بعد انتشار البذور وعند ملائمة الظروف البيئية تنبت البذرة، حيث تتمزق القصرة (غلاف البذرة) وينمو الجنين إلى بادرة معتمداً على الغذاء المدخر في الإندوسبرم والأوراق الفلقية.



شكل 135: تكيف الثمار لتساعد على انتشار البذور.
(A) بذور داخل ثمار جافة مجنحة يسهل حملها بواسطة الرياح. (B) بذور داخل ثمار لبية تنتشر غالباً مع فضلات الحيوانات. (C) بذور داخل ثمار شوكية تنتشر بواسطة الحيوانات التي تلتصق بها.

ما هي وظيفة الإخصاب الثنائي في نباتات مغطاة البذور؟

أحد الافتراضات تقول بأن الإخصاب الثنائي ينسق تكوين الغذاء المختزن في البذرة مع نمو وتطور الجنين. فإذا لم تلقح زهرة أو لم تتحرر الأمشاج المذكرة داخل الكيس الجنيني فلن يحدث إخصاب وبالتالي لن يتكون الغذاء المختزن أو الجنين. لذلك يعتقد بأن الإخصاب الثنائي يمنع النباتات الزهرية من إهدار المواد الغذائية في بويضات غير مخصبة.

نوع آخر من الإخصاب الثنائي يحدث في نباتات معراة البذور في شعبة الجنيتودات Genetophyta ولكنه يؤدي إلى تكوين إثنين من الأجنة بدلا من جنين وإندوسبرم. هذا الاختلاف يؤكد بأن الإخصاب الثنائي نشأ بصورة مستقلة في مغطاة البذور عنه في معراة البذور.

تنوع النباتات الزهرية Diversity of Angiosperms

تشتمل النباتات الزهرية على شعبة واحدة هي:

شعبة المغنوليات Division: Magnoliophyta

وتحتوي هذه الشعبة على حوالي 250 ألف نوع تمثل النباتات السائدة في معظم النظم البيئية الأرضية. تنقسم شعبة المغنوليات إلى طائفتين رئيسيتين تبعاً لعدد الفلقات أو الأوراق البذرية في الجنين، هما:

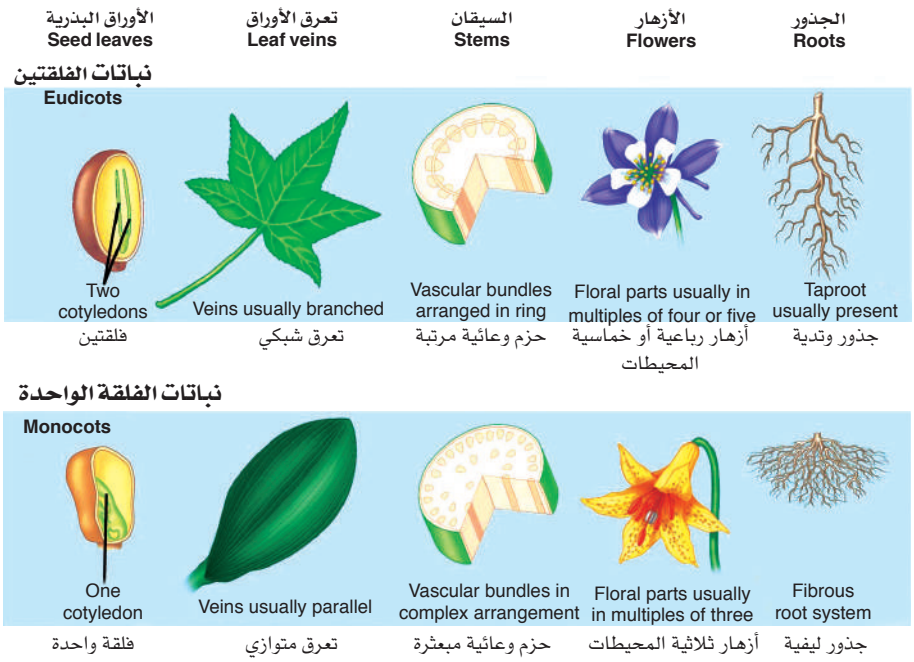
طائفة: نباتات ذوات الفلقتين Class: Dicots

مثل الورود والبقوليات ودوار الشمس وغيرها.

طائفة: نباتات ذوات الفلقة الواحدة Class: Monocots

مثل النخيل والحبوب مثل الذرة والأرز والقمح والشعير.

تستخدم بعض الصفات الأخرى للتفريق بين هاتين الطائفتين مثل تركيب الأزهار والثمار وتعرق الأوراق (جدول 6، شكل 136).



شكل 136: الخصائص العامة لنباتات ذوات الفلقتين ونباتات ذوات الفلقة الواحدة.

جدول 6: مقارنة بين نباتات ذوات الفلقتين ونباتات ذوات الفلقة الواحدة.

أوجه المقارنة	نباتات ذوات الفلقتين Dicots	نباتات ذوات الفلقة الواحدة Monocots
الانتشار	أكثر من ثلثي النباتات الزهرية حوالي 170 ألف نوع	أكثر من 25% من النباتات الزهرية حوالى 70 ألف نوع
الجنين داخل البذرة	يحتوي الجنين على فلقتين	يحتوي الجنين على فلقة واحدة
الحزم الوعائية في السيقان	مرتبة في حلقة	مبعثرة
التعرق في الأوراق	تعرق شبكي	تعرق متوازي
الجذور	جذور وتدية	جذور ليفية
حبوب اللقاح	حبوب اللقاح لها ثلاث فتحات	حبوب اللقاح لها فتحة واحدة
المحيطات الزهرية	الأزهار رباعية أو خماسية المحيطات ومضاعفاتها	الأزهار ثلاثية المحيطات ومضاعفاتها
بعض النباتات الممثلة	الورود، والبقوليات، ودوار الشمس وغيرها	النخيل، والحبوب مثل الذرة، والأرز، والقمح، والشعير

الأهمية الاقتصادية للنباتات مغطاة البذور

Importance of Angiosperms

تمثل النباتات الزهرية أهمية كبيرة لحياة الإنسان وبقاءه. تعتبر النباتات الزهرية المصدر الرئيسي للغذاء إما بصورة مباشرة مثل الحبوب والبقوليات والخضروات والفاكهة، أو بصورة غير مباشرة حيث توفر النباتات الزهرية العديد من صور الأعلاف التي تتغذى عليها حيوانات الماشية.

توفر النباتات الزهرية مصادر اقتصادية هامة مثل الدواء، والمنتجات الصيدلانية، وأخشاب الوقود، وأخشاب البناء، والزيوت، والألياف، والمواد الدهنية والشمعية، وغير ذلك من المواد والخامات الاقتصادية الهامة.

طائفة نباتات الفلقة الواحدة Class: Monocotyledoneae

تصنيف ذوات الفلقة الواحدة

تصنف نباتات ذوات الفلقة الواحدة في 11 رتبة تضم 55 عائلة. ومن أكثر فصائل الفلقة الواحدة تنوعاً العائلة النجيلية والعائلة الأوركيدية. فتضم العائلة النجيلية نحو 600 جنس وحوالي عشرة آلاف نوع. وتحتوي العائلة الأوركيدية على حوالي 735 جنساً وسبعة عشر ألف نوع.

بيئة تواجد ذوات الفلقة الواحدة

تستوطن نباتات الفلقة الواحدة العديد من البيئات مثل الصحاري، والمناطق الملحية، والغابات. أغلبها نباتات عشبية سواء كانت حولية أم معمرة. وقليل منها له الصورة الخشبية المعروفة في الأشجار والشجيرات مثل النخيل والبامبو.

ومنها ما يستوطن البيئة المائية، مثل فصيلة نخشوش الحوت ونباتات مثل الزقيم وياسنت الماء والإلوديا. تعتبر النموات الهائلة من الزقيم وياسنت الماء من ملوثات المجاري المائية، لأنهما يعوقان صيد السمك والملاحة النهرية، كما أنهما يزيدان من فقد الماء من المجرى المائي من خلال علمية النتح.

صفات الفلقة الواحدة

تتميز جذور نباتات الفلقة الواحدة بأنها عرضية ليفية يستعيض النبات بها عن جذره الوتدي الذي مات وتحلّل في أثناء الأطوار الأولى لنموه. والأوراق ذات قواعد غمدية تغلف الساق، وأنصلتها شريطية الشكل، وعروقها متوازية. أما الأزهار ثلاثية الأجزاء، ويتشابه فيها الكأس والتويج إلى حد كبير في اللون وأحياناً في الحجم.

لا يحدث النمو الثانوي في نباتات الفلقة الواحدة لذلك نجدها عشبية طرية لا يحدث فيها تغلظ أو زيادة فى سمك السيقان والجذور. ويحدث النمو الثانوي نتيجة وجود أنسجة ثانوية، ومثل هذه الأنسجة إما غائبة في ذوات الفلقة الواحدة أو أنها توجد لكن نشاطها محدود جداً أو منعدم بالمرة. وإن كان هناك نمو ثانوي

فإنــه يكون شــاذا، لأنــه يحدث بطريقة مغايــرة وفي غير الأماكــن المعتادة، مثلما يحــدث في بعض أنواع الفصــيلة الزنبقية (نبات دراســينا). أو أن تكون الأنســجة الثانوية وأصــولها غائبة بالمرة وتكون الزيادة في الســمك بسبب الكبر في الحجم وكثرة عدد الخلايا في بعض الأنسجة الأولية (نخيل البلح).

هنــاك بعضــ الفصــائل أو الأنــواع لها صــفة أو أكثــر مغايرة للصــفات العامة السابقة. إلا أن حصيلة الصفات مجتمعة تميز لنا النبات على أنه من ذوات الفلقة الواحدة. مثال ذلك أوراق نباتات الفصــيلة القلقاســية العريضة والتي تشابه أوراق ذوات الفلقتين.

الأهمية الاقتصادية لنباتات الفلقة الواحدة

Importance of Monocotyledoneae

تتنوع الأهمية الاقتصــادية لنباتات ذوات الفلقــة الواحدة فمنها نباتات غذائية مثل الغلال «الحبوب» وهي القمح والشعير والذرة والأرز والشوفان والشيلم، وقصب السكر، ونباتات أخرى مثل البصل والثوم، والفاكهة مثل نخيل البلح والأناناس والموز. ومنها نباتات التوابل مثل الكركم والزنجبيل والعصفر تمدنا بالتوابل المعروفة بهذه الأسماء. ومنها نباتات طبية مثل نبات بصل فرعون ويستخرج منه مادة كولشيسين التــي تعالــج أمراض النقرس. كذلك هناك العديد مــن النباتات الرعوية مثل نبات الثمام (أبو ركبة) الذي ينمو بريا فى الصــحارى العربية. تســتوطن أنواع من نبات الســعد البيئات الملحية وتستخدم ســوقها في صناعة الحصير والسلال. استعمل قدماء المصريين ألياف نبات البردي فى صنع صحائف للكتابة، وهو نوع من أنواع السعد.

طائفة نباتات الفلقتين Class: Dicotyledoneae

تصنيف ذوات الفلقتين

تحتــوي ذوات الفلقتيــن علــى فئتين من الفصــائل: إحداهما لها أزهار ســائبة البتــلات وتشــتمل على 30 رتبة تتبعها 170 فصــيلة ، والأخــرى ملتحمة البتلات ولها 10 رتب بها 53 فصيلة. من أشهر الفصائل النباتية لذوات الفلقتين الفصيلة الصــليبية ولها 375جنسا، والفصــيلة القرنية ولها 600 جنس، والفصيلة المركبة ولها 900 جنس وهي أكبر الفصائل في عدد أجناسها.

بيئة تواجد ذوات الفلقتين

تنتشــر ذوات الفلقتيــن فــي جميع أرجاء العالــم ، وتعيش فــي مختلف البيئات النباتيــة مثل: الصــحارى والغابــات والمناطق الملحية وغيرها مــن بيئات. وتتنوع ذوات الفلقتين فى أشــكال نموها فمنهــا النباتات الحولية ومنها النباتات المعمرة. فمنها الأشــجار، والشــجيرات الأقل ارتفاعا، والنباتات المعمرة المتخشــبة (تحت الشــجيرات)، والنباتات المعمرة العشــبية (غير المتخشــبة)، والأعشاب الحولية، والنباتات الزاحفة والجارية والمتسلقة والملتفة. ولعل أكثر صور الحياة غرابة هي صورة حياة نباتات آكلة الحشرات.

صفات ذوات الفلقتين

تتميــز نباتــات ذوات الفلقتين بمجموع جــذري وتدي يتفرع إلــى جذور جانبية (ثانوية). والأوراق ليســت شريطية الشكل ولها تعرق شبكي، وتختلف في أحجامها وتركيبها (بســيطة أم مركبة) وأشــكالها. تتميز الأزهار بوجــود محيطين متميزين للزهرة هما الكأس الأخضر والتويج الملون. والزهرة رباعية أو خماسية الأجزاء.

يســود النمو الثانوي «التغلظ الثانوي» في النباتات المعمرة من ذوات الفلفتين، فتتكون أنسجة ثانوية تزيد في سمك السيقان وصلابتها وكذلك فى سمك الجذور مما يجعل الصورة الخشبية هي الصورة الشائعة في نباتاتها.

هناك صفات مغايرة لما سبق ذكره فى بعض أنواع ذوات الفلقتين، ولكن حصيلة الصـفات مجتمعة تميز لنـا النبات على أنه من ذوات الفلقتيـن. مثال لذلك أوراق نباتات فصيلة لسان الحمل، فهي شريطية ولها تعرق متواز، مشبهة في ذلك أوراق ذوات الفلقة الواحدة.

الأهمية الاقتصادية لنباتات الفلقتين

Importance of Dicotyledoneae

لنباتات ذوات الفلقتين منافع عظيمة للإنسان، فهي تمده بجميع متطلباته من الغذاء والكسـاء والدواء. ولا تكاد تخلو فصـيلة من فصائل ذوات الفلقتين من أنواع إما غذائية او طبية أو تستخدم في الصناعة إلى جانب نباتات برية طبية ورعوية ونباتات زينة.

تحتـوي الفصـيلة القرنية على نباتات غذائية هامة ومصـدراً مهماً للبروتينات مثـل الفول، والعدس، والفاصـوليا، واللوبيا، والترمس وغيرهـا. ونباتات الأعلاف الخضراء مثل البرسيم والبرسيم الحجازي.

تضـم الفصـيلة الخيميـة العديد مـن نباتـات التوابل مثـل الكمـون والكزبرة والمقدونس والشبت والشمر وغيرها، ونباتات طبية مثل الكمون والينسون والكرواية التي تسـتخدم زيوتها فـي أدوية الأطفال لإزالة آلام المعـدة والأمعاء وانتفاخاتها. ويعتبر نبات الخلّة من النباتات الطبية التي لاحتوائة على مادة الخلّين التي تساعد على إذابة حصى الكلى والمسالك البولية.

تنتمى محاصـيل الخضـر ومنهـا الكرنب (الملفـوف)، والقرنبيـط (الزهرة)، والبروكلي إلى الفصيلة الصليبية، والقرع (الكوسة) والقرع العسلي، والخيار والقثاء، والبطيخ (الرقي) والشمام إلى الفصيلة القرعية، والطماطم والباذنجان والبطاطس والفلفل إلى الفصـيلة الباذنجانية. هناك أيضاً أشجار الفاكهة المتساقطة الأوراق مثل التفاح والبرقوق والخوخ والمشمش والسفرجل والبشملة والتى تنتمى للفصيلة الوردية. كذلك تتميز الفصيلة الشفوية بالعديد من النباتات الطبية والعطرية التي تسـتخدم لإنتـاج العطور وتدخل في الصـناعات الدوائية مثل النعنـاع، والريحان، والزعتر، والبردقوش، وحصى البان وغيرها.

التنوع النباتي فى دولة الكويت

نباتـات الكويت البرية هي أحد المكونـات الفريدة للتراث الطبيعي فيها. وقد تكيفت هذه النباتات من أجل البقاء في ظروف قاسـية ودرجات الحرارة القصوى. ويتألف الغطاء الخضـري من الشجيرات والأعشـاب المعمرة والحولية التي تتنوع موسـميا اعتمادا على كمية مياه الأمطار في فصـل الشـتاء. وتتميز البيئة البرية بخمسـة أنواع من المجتمعات النباتية السـائدة وهـي: مجتمع الرمث *Haloxylon salicornicum*، مجتمـع العرفـج *Rhanterium epapposum*، مجتمـع الثـدة *Cyperus congolmoratus*، ومجتمع الهرم *Zygophyllum qatarense*، ومجتمع الثمام *Panicum turgidum* (شكل 137).

ترتبـط بهذه النباتات السـائدة مجموعة أخرى من النباتات المصـاحبة وهي: النصـي *Stipagrostis plumosa*، والحمـاط *Moltikiopsis ciliata*، والربلـة *Plantago boissierii*، والكحيـل *Arnebia decumbens*، والقتـاد *Astragalus spinosus*، والحاد *Monocantha achuri*، وغيرها (شكل 138).

وتحتوي البيئة البرية على حوالي 400 نوعاً من النباتات البرية والحشائش التي تنتشر في الأراضي المهملة والمناطق المزروعة. تمثل النباتات الحولية ما يقرب من 50% من النباتات البرية، ويليها الأعشـاب المعمرة (حوالي 30%)، ثم الشـجيرات (حوالي 20%). فى حين يندر وجود الأشـجار والتى تصل نسبتها إلى أقل من 1% فقط ممثلة بثلاثة أنواع. وتنتمي النباتات البرية في دولة الكويت إلى 45 عائلة من النباتات ذوات الفلقتين، و9 عائلات من النباتات ذوات الفلقة الواحدة. وتمثل معراة البذور والسرخسيات فى الفلورا الكويتية بنوع واحد لكل منهما.

ومـن حيث وفـرة الأنواع النباتية فإن أهم العائـلات النباتية من ذوات الفلقتين هي: العائلة القرنفلية Caryophllaceae، والعائلة الرمرامية Chenopodiaceae، والعائلـة المركبة Compositae، والعائلة الصـليبية Cruciferae، والعائلة القرنية Leguminosae. وتعتبـر العائلة النجيليـة Gramineae أهم العائلات النباتية من ذوات الفلقة الواحدة.

مجتمع نبات الرمث

مجتمع نبات الثندة

شكل 137: بعض المجتمعات النباتية الشائعة بصحاري الكويت.

كحيل «العائلة الحمحمية» Boraginaceae
Arnebia decumbens Vent. Coss & Kral.

دحريج «العائلة الزنبقية» Liliaceae
Gagea reticulata (pall.) SchulT .& Schult. F.

الرمث «العائلة الرمرامية» Chenopodiaceae
Haloxylon salicornicum (Moq.) Bunge. Ex Boiss.

إقحوان «العائلة المركبة» Compositae
Anthemis deserti Boiss.

شكل 138: بعض الأمثلة من نباتات الكويت البرية.

المراجع

المراجع العربية

أساسيات علم الفطريات

عبدالله بن ناصر الرحمة 1993، مطابع جامعة الملك سعود، السعودية.

الأحياء المجهرية أسس - تركيب وفسلجة

عبد النبي جويد عبد المعموري، عروبه كطوف حسين 2015، دار المنهجيه للنشر والتوزيع، جامعه بابل.

البيئة البحرية بدولة الكويت

سليمان مطر 2002، مركز البحوث والدراسات الكويتية، الكويت.

التقرير الوطني الخامس حول تنفيذ اتفاقية التنوع البيولوجي

الهيئة العامة للبيئة 2015، الكويت.

التقرير الوطنى الرابع حول تنفيذ اتفاقية التنوع البيولوجى

الهيئة العامة للبيئة 2010، الكويت.

الغطاء النباتى فى الكويت

سميرة عمر وآخرون 2007، معهد الكويت للأبحاث العلمية .

الكائنات الدقيقة (البكتيريا) في البيئة الكويتية

مرزوق يوسف الغنيم، علي دياب صرماني 1993، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت.

النباتات

جون فارندون وأخرون، ترجمة إيهاب عبد الرحيم 2012، مؤسسة الكويت للتقدم العلمى، الكويت.

بريسكوت لعلم الأحياء الدقيقة

نداء يوسف الصراف، نرجس دشتي، ناصر صرخوه 2013، مترجم British library. Mc Graw– Hill Educaion

تصنيف الكائنات الحية – مملكة النباتات

محمد علي أحمد 2003، دار المعارف، مصر

تصنيف النباتات الزهرية

شكري إبراهيم سعد 1972، جامعة الإسكندرية، مصر.

جغرافية النبات

عبدالسلام تشاح 1990، أفريقيا الشرق للنشر والتوزيع، الدار البيضاء، المغرب.

عالم النبات والكائنات الدقيقة

مرزوق يوسف الغنيم، علي دياب صرماني 2003، توزيع شركه النخيل للتجاره والمقاولات، الكويت.

علم الأحياء الدقيقة وميكروبيولوجيا الغذاء

أحلام ابراهيم شبيب الشريده 2013، مكتبة ذات السلاسل، الكويت.

محمية صباح الأحمد الطبيعية

سميرة عمر وآخرون 2008، معهد الكويت للأبحاث العلمية، الكويت.

المراجع الأجنبية

1. Al-Awadhi H, Sulaiman RH, Mahmoud HM, Radwan SS (2007). Alkaliphilic and halophilic hydrocarbon-utilizing bacteria from Kuwaiti coasts of the Arabian Gulf. Appl Microbiol Biotechnol, 77(1):183-6, DOI: 10.1007/s00253-007-1127-1
2. Al-Saleh E, Akbar A (2015). Occurrence of Pseudomonas aeruginosa in Kuwait soil. Chemosphere, 120:100-107, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.06.031.
3. Bold H (1973). Morphology of plants. 3rd ed., Harber & Row Publishers, New York, USA.
4. Bold H, Wynne M (1985). Introduction to the Algae. 2nd ed. Prentice-Hall, New Jersey.
5. Brenner DJ, Krieg NR, Staley JT (2005). Berge's manual of Systemic Bacteriology. 2nd ed., Springer-USA.
6. Brown L, Wolf J, Prados-Rosales R, Casadevall A (2015). Through the wall: extracellular vesicles in Gram-positive bacteria, mycobacteria and fungi. Nature Reviews Microbiology Vol.13, pp. 620–630. doi:10.1038/nrmicro3480.
7. Cabello P, Roldán MD, Moreno-Vivián C (2004). Nitrate reduction and the nitrogen cycle in archaea. Microbiology. 150 (Pt 11): 3527–46.
8. Campbell N, Reece J (2005). Biology. 7th Ed., AP.
9. Cavalier-Smith T (2010). Kingdoms Protozoa and Chromista and the eozoan root of eukaryotes. Biol Lett 6: 342-345.
10. Cavalier-Smith T (2017). Kingdom Chromista and its eight phyla: a new synthesis emphasising periplastid protein targeting, cytoskeletal and periplastid evolution, and ancient divergences. Protoplasma, DOI 10. 1007/ s00709-017 - 1147-3.

11. Chepurnov V, Mann D, Sabbe K, Vyverman W (2004). Experimental studies on sexual reproduction in diatoms. International Review of Cytology Vol. 237, pp. 91-154.
12. David Krogh (2011). Biology AGuide of the natural world. Benjamin Cummings-USA.
13. Daoud H, Al-Rawi A (1985). Flora of Kuwait. KPI, London in association with Kuwait University.
14. Ghazanfar S (1994). Handbook of Arabian medicinal plants. CRC press.
15. Halwagy R, Halwagy M (1977). Ecological studies on the desert of Kuwait. III. The vegetation of the coastal salt marshes. Kuwait J of Sci Eng 4:33–74
16. Margulis L, Corliss J, Melkonian M, Chapman D (1990). Handbook of Protoctista: A guide to the algae, ciliates, foraminifera, sporozoa, water molds, slime molds and the other protoctists. Jones and Bartlett Publishers, Boston.
17. Mckane L, Kandel J (1996). Microbiology Essentials and Applications 2nd ed., Mc Graw-Hill Education. British library.
18. Nabors MW, González-Barreda P (2004). Introduction to botany. Pearson Benjamin Cummings, New York, USA.
19. Rancis CA, Beman JM, Kuypers MM (2007). New processes and players in the nitrogen cycle: the microbial ecology of anaerobic and archaeal ammonia oxidation. ISME J 1 (1): 19–27.
20. Raven PH, Evert RH, Eichhorn SE (2005). Biology of Plants (7th ed.). W. H. Freeman, New York, USA.
21. Round F, Crawford R, Mann D (1990). The diatoms: Biology and morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge.
22. Ruggiero MA et al (2015). A higher level classification of all living orgarisms. PloS one 10:e 0119248.

23. Spichiger R, Savolainen V, Figeat M (2004). Systematic Botany of Flowering Plants: A New Phytogenetic Approach of the Angiosperms of the Temperate and Tropical Regions. CRC Press
24. Woese C, Kandlert O, Wheelis M (1990). Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. Proc. Nati. Acad. Sci. USA, Vol. 87, pp. 4576-4579.

مصادر الصور

Related Websites and sources of some photos

1. http://www.baliga.systemsbiology.net
2. http://www.biology-resources.com
3. http://www.conifers.org
4. http://www.eol.org
5. http://www.imgarcade.com
6. http://www.marefa.org/index.
7. http://www.rbge.org.uk
8. http://www.rbg-web2.rbge.org.uk/algae/algaeworld.htm
9. https://twitter.com/GoogleFacts
10. http://www.ucmp.berkeley.edu/chromista/chrysophyta.html
11. http://www.ucmp.berkeley.edu/chromista/xanthophyta.html
12. Pearson Education, Inc. publishing as Benjamin cummings
13. Addison Wesley Longman, Inc.
14. The McGraw-Hill Companies, Inc.

تم بحمد الله