الفصل العاشر

الفطريات
Fungi

تضم الفطريات Fungi مجموعة كبيرة من الكائنات النباتية حقيقية النواة التي تتباين فيما بينها في طرق التكاثر وفي صفاتها التركيبية. تنتشر الفطريات في كل مكان تقريباً، فهي توجد في الماء والهواء وفي التربة وعلى أجسام الكائنات الحية (حيوانات راقية ونباتات).

(١٠,١) الخصائص العامـــة

تشترك الفطريات بمجموعة من الخصائص العامة التي يمكن إيجازها فيما يلي:

١- تعتبر الفطريات كائنات غير ذاتية التغذية لا تحتوي على أصباغ الكلوروفيل، لذا فإنها لا تستطيع القيام بالبناء الضوئي. وتختلف بسبب ذلك في طريقة تغذيتها عن النباتات الخضراء فهي تؤمن غذائها العضوي من مصادر مختلفة، إما من كائنات حية وتحدث لها ضرراً وتسمى فطريات متطفلة Parasitic fungi، أو تتغذى على مواد عضوية ميتة وتسمى فطريات مترممة Saprophytic fungi، أو يعيش بعضها

obeikandl.com

معيشة تبادل منفعة مع غيرها من النباتات دون أن تُحدث لها أي ضرر وتسمى بالفطريات المتكافلة Symbiotic fungi كما هو الحال في الفطريات الأشنية.

٢- تتباين أحجام الفطريات كثيراً فبعضها وحيد الخلية مجهري وبعضها الآخر كبير الحجم عديد الخلايا.

٣ - تتكون الفطريات عديدة الخلايا من مجموعة خيوط مجهرية فطرية، يسمى كل واحد منها هيفا Hypha، تتداخل هذه الخيوط مع بعضها وتتفرع لتشكل الغزل الفطري أو الميسيليوم Mycelium.

٤- قد تكون الخيوط الفطرية مقسمة بحواجز عرضية أو غير مقسمة و تستخدم هذه الصفة للتمييز بين المجموعات المختلفة من الفطريات.

٥ - يتألف الجدار الخلوي كيميائياً بالدرجة الأولى من الكيتين Chitin، الذي يمكن أن يرتبط معقدات سكرية مختلفة بحسب النوع الفطري، إلا أن السليلوز يغيب تماماً من الجدار الخلوي . ويبطن الجدار سيتوبلازم يحتوي على نواة واحدة صغيرة الحجم أو أكثر من نواة في بعض الأنواع.

٦- تختزن الفطريات الفائض من المواد الغذائية التي تحصل عليها بالتطفل أو بالترمم أو بالتكافل على هيئة زيوت أو جليكوجين (النشاء الحيواني).

٧- تستطيع الفطريات إفراز عدد كبير من الأنزيمات، يختلف عددها ونوعها باختلاف البيئات التي تنمو عليها، فتساعد هذه الأنزيمات الفطر على تفكيك وتحليل المواد العضوية المعقدة إلى مواد بسيطة، يستطيع أن يمتصها ويستفيد منها مباشرة. كما وتنفرد بعض الفطريات المتطفلة بإفراز أنزيم السيليوليز Cellulase الذي يعمل على تكسير مادة السليلوز (Al-Falih,١٩٩٧) ، وأنزيم البكتينيز Pectinase الذي يحلل الصفيحة

الوسطى لجدر خلايا العائل ويذيبها فتتمزق، مما يهيئ للفطر منفذاً إلى داخل الخلايا، وبهذه الطريقة تتمكن الخيوط الفطرية من اختراق أنسجة العائل.

(١٠,٢) الأهمية الاقتصادية للفطريات

للفطريات فوائد اقتصادية عديدة يمكن تلخيص بعضها فيما يأتي:

١- تعمل الفطريات إلى جانب البكتيريا على تفكيك المواد العضوية وتحليلها إلى عناصرها الأولية، فتزيد بذلك من خصوبة التربة وتخلص البيئة من الآثار السلبية لهذه المواد، (Al-Falih and Al-Jaloud, ٢٠٠٣).

٢- تكتسب بعض الفطريات أهمية غذائية كبيرة بالنسبة للإنسان، فبعض أنواعها تحتوي على كميات عالية من البروتين والدهون والفيتامينات كفطر عيش الغراب Mushrooms وفطريات الكمأة Truffles، وبعضها الآخر يفيد في تحضير بعض أنواع الجبن وحَمض الخل وتخمير العجين.

٣- تحتوي بعض أنواع الفطريات على أنزيمات تساعد على إتمام بعض التحولات الكيميائية التي ينتج عنها مواد ذات أهمية اقتصادية مثل الكحول وحَمض الستريك Citric acid وبعض الأحماض الدهنية المستخدمة في الطب، وتفرز بعض الفطريات أنزيمات تساعد على نضج أنواع من الجبن مثل جبن الروكفورت.

٤- تتمتع بعض الأجناس الفطرية كفطر البنيسيليوم *Penicillum* بأهمية طبية، حيث يستخرج منها بعض المضادات الحيوية كالبنسيلين الذي يستخدم في علاج كثير من الأمراض البكتيرية التي تصيب الإنسان والحيوان، حيث يعمل على إيقاف نمو هذه البكتيريا وقتلها.

٥- تعتبر الفطريات من جهة أخرى ذات تأثيرات ضارة على الكائنات الحية، فهي توجد في التربة وفي بعض الأوساط المائية، وتنتشر أبواغها في الهواء، فإذا وجدت وسطاً ملائماً ودرجة حرارة مناسبة للنمو نبتت ونمت مكونة غزلاً فطرياً ظاهراً، يتطفل على النباتات الزراعية داخلياً أو خارجياً مسبباً خسائر كبيرة في المحصول. كما يتطفل بعضها على الإنسان والحيوان مسبباً أمراضاً جلدية وباطنية والتهابات في المجاري التنفسية.

٦- تفرز بعض الفطريات كميات ضئيلة من السموم الفطرية (مثل الباتيولين Patuline والأفلاتوكسين Aflatoxine، والترايكوثوكسين Trichothoxine، وغيرها)، والجدير بالذكر أن تراكيز بسيطة من هذه السموم تعتبر قاتلة للإنسان والحيوان على حد سواء، (Al-Falih and Al-Julaifi, ٢٠٠٢).

(١٠,٣) تقسيم الفطريات

تتباين طرق تقسيم الفطريات كثيراً لأن كل تصنيف يستند إلى وجهة نظر معينة وأسس علمية مختلفة.

لقد تم تقسيم الفطريات لأول مرة إلى طوائف ورتب وفصائل في أوائل القرن التاسع عشر من قبل العالم بيرسون Persoon الذي يعتبر بحق مؤسس علم تصنيف الفطريات (Prescott *et. al.*, ١٩٩٠)، ثم تقدم هذا العلم كثيراً حيث أنه يجري في الغالب الآن تقسيم الفطريات الحقيقية إلى مجموعتين هما:

(١٠,٣,١) الفطريات السوطية Mastigomycota

تمتاز هذه الفطريات بأنها تقوم خلال دورة حياتها بإنتاج أعداد كبيرة من الأبواغ المتحركة بواسطة الأسواط التي تفيد في تكاثر هذه الفطريات. ينطوي تحت هذه الفطريات أربع طوائف هي:

١ – الفطريات الكتيريدية Chytridiomycetes

٢ – الفطريات الهيفوكتيريدية Hyphochytridiomycetes

٣ – الفطريات البلازموديوفورية Plasmodiophoromycetes

٤ – الفطريات البيضية Oomycetes

يجري تصنيف ودراسة هذه المجموعات الفطرية ضمن مملكة الفطريات وفقاً لنظام الممالك الخمس (Whittaker, ١٩٦٩)، إلا أن بعض التصنيفات تقوم بفصلها عن مملكة الفطريات ووضعها ضمن مملكة الطلائعيات (Margulis, ١٩٧١).

سيتم في هذا الكتاب التطرق بشكل موجز لأكثر هذه الطوائف رقياً وهي الفطريات البيضية Oomycetes ، التي تضم حوالي ٥٠٠ نوع تتكاثر جميعاً لاجنسياً عن طريق تكوين أبواغ سابحة مزودة بسوطين.

(١٠,٣,٢) الفطريات اللاسوطية Amastigomycota

تمتاز هذه الفطريات بأنها أكثر رقياً من الفطريات السوطية، وتشترك كافة الأنواع الفطرية ضمن هذه المجموعة بصفة مميزة وهي أن أمشاجها (جاميتاتها) Gametes أو أبواغها (جراثيمها) Spores ساكنة وغير مزودة بالأسواط. تتباين هذه الفطريات كثيراً في أحجامها، فبعضها يمثل فطريات مجهرية وحيدة الخلية ، وبعضها الآخر يكون عديد الخلايا كبير الحجم يمكن بسهولة ملاحظته في الغابات ضمن التربة وعلى بقايا الأخشاب المتحللة . تتغذى جميع هذه الفطريات بطريقة الامتصاص، إلا أنها تتباين في المصدر الذي تحصل منه على غذائها، فبعض أجناسها تكون طفيلية، تتطفل إجبارياً أو اختيارياً على بعض النباتات الاقتصادية مسببة خسائر كبيرة في المحاصيل، وبعضها الآخر تكون رمية تعيش في التربة وتعمل على تفكيك البقايا العضوية .

يُعتمد في تقسيم هذه الفطريات على صفتين أساسيتين هما: تقسم أو عدم تقسم الغزل الفطري، و نوع الأبواغ المتكونة بعد التزاوج الجنسي.

تتوزع هذه الأنواع العديدة من الفطريات المنتشرة في الطبيعة ضمن عدد كبير من الطوائف، نذكر منها:

١- الفطريات الزيجوتية Zygomycetes (الطحلبية): تعتبر معظم هذه الفطريات رمية التغذية مع أن القليل منها يكون متطفلاً. ويشترك معظمها بأن غزلها الفطري يكون غير مقسم، ومن أمثلتها فطر عفن الخبز *Rhizopus stolonifer* .

٢ - الفطريات الزقية Ascomycetes (الكيسية): وفيها يكون الغزل الفطري مقسم بواسطة جدر مستعرضة، وتتكون أبواغها الجنسية داخل كيس خاص يسمى الزق مثل جنسي الخميرة *Saccharomyces* والبنيسليوم *Penicillium*

٣- الفطريات البازيدية Basidiomycetes (الدعامية): وتمتاز بأن غزلها الفطري مقسم بجدر مستعرضة وتتولد أبواغها البازيدية خارج تركيب خاص صولجاني الشكل يعرف بالبازيديوم Basidium. ومن أجناسها فطر صدأ القمح الأسود *Puccinia* وفطر عيش الغراب *Agaricus*.

٤- الفطريات الناقصة Deuteromycetes: وفيها يكون الغزل الفطري مقسم بجدر مستعرضة. وتختلف عن الفطريات الأخرى في أن دورة حياتها ناقصة حيث إنه لا يعرف فيها التكاثر الجنسي.

سيتم التطرق في هذا الكتاب بشيء من التفصيل إلى خمس طوائف فطرية تبعاً لانتشارها الكبير وأهميتها الاقتصادية و هي:

الفطريات البيضية، الفطريات الزيجوتية، الفطريات الزقية، الفطريات البازيدية، الفطريات الناقصة.

(١٠,٤) الفطريات البيضية Oomycetes

ينطوي تحت هذه المجموعة أنواع كثيرة من الفطريات ذات الانتشار الواسع، بعضها رمّي التغذية و بعضها الآخر طفيلي. تعيش الأنواع الرمية في الماء وفي التربة على بقايا المواد العضوية، بينما تعيش الأنواع الطفيلية متطفلة على النباتات الراقية مسببة لها العديد من الأمراض.

يتفاوت التركيب البنيوي لأجسام هذه الفطريات، فبعض أنواعها وحيدة الخلية، إلا أن معظم أنواعها الأخرى عديدة الخلايا تشكل ثالوثاً مؤلفاً من غزل فطري غير مقسم بجدر عرضية. لقد تبين أن خلايا الغزل الفطري في هذه الفطريات تكون ثنائية المجموعة الصبغية (٢n)، وهذا يمثل اختلافاً كبيراً عن الفطريات الأخرى (١n).

تتكاثر الفطريات البيضية لاجنسياً بواسطة حوافظ بوغية أو كونيدات تنفجر لتتحرر منها أبواغ سابحة مزودة بسوطين يمكن لها أن تنمو لتعطي فطراً جديداً. بينما يحدث التكاثر الجنسي عن طريق تشكيل أعضاء مذكرة (أنثريدات Antheridia مفردها أنثريدة Antheridium) وأعضاء تأنيث (أوجونات Oogonia مفردها Oogonium) من الغزل الفطري. حيث يطرأ على الأعضاء الجنسية انقسام اختزالي لتعطي أمشاجاً ذكرية وأخرى أنثوية أحادية المجموعة الصبغية. بعد أن يتم الإخصاب تتشكل بوغة بيضية Oospore، تعطي بدورها أبواغاً سابحة تعيد دورة الحياة.

نذكر من أجناس هذه الفطريات فطر سابروليجنيا *Saprolegnia* الذي يعيش في الماء ويتطفل على الطحالب والنباتات والأسماك، و فطر فيتوفثورا انفستانس *Phytophthora infestans* الذي يسبب مرض اللفحة المتأخرة للبطاطا، وفطر بلازموبارا فيتيكولا *Plasmopara viticula* الذي يسبب مرض البياض الزغبي على أوراق العنب،

وفطر البوجو كانديدا *Albugo candida* الذي يسبب مرض الصدأ الأبيض لعائلة النباتات الصليبية (Landecker, ١٩٨٢).

(١٠,٤,١) فطر البوجو كانديدا *Albugo candida*

يعتبر هذا الفطر إجباري التطفل Obligatory parasite ، ويسبب مرض الصدأ الأبيض لنباتات الفصيلة الصليبية White rust of crucifers وخاصة تلك النباتات ذات الأهمية الاقتصادية كالفجل واللفت والكرنب، حيث تظهر الإصابة على شكل بقع صغيرة بارزة شمعية بيضاء اللون تأخذ أشكال حلقات متداخلة، وذلك على أجزاء مختلفة من المجموع الخضري للنبات، خصوصاً على الأوراق، الشكل رقم (١٠,١ أ).

تبدأ الإصابة عندما تسقط إحدى الأبواغ السابحة للفطر على جزء من القسم الخضري للنبات، حيث تُنبت البوغة في وجود نقطة ماء مكونة أنبوبة إنبات دقيقة، لا تلبث هذه الأنبوبة أن تدخل من خلال أحد الثغور إلى الأنسجة الداخلية للنبات، حيث تنمو هناك مكونة خيطاً فطرياً بين الخلايا.

(١٠,٤,١,١) التكاثر اللاجنسي

يبدأ التكاثر اللاجنسي عند هذا الفطر عن طريق تجمع وتكاثف بعض خيوط الفطر (الهيفات) تحت بشرة النبات العائل مكونة غزلاً فطرياً، ثم يبرز من الغزل الفطري المتشكل زوائد صولجانية قائمة غير متفرعة تسمى بالحوامل الكونيدية Conidiophores تنمو متعامدة مع بشرة النبات. تستمر الأطراف العلوية للحوامل بالاستطالة فتضغط على بشرة النبات مسببة انفصالها عن الأنسجة التي تحتها، وبذلك تتخذ بثرة الإصابة ذلك المظهر الأبيض اللامع، ثم تتقطع هذه الأطراف بشكل تدريجي ومتسلسل من الأعلى باتجاه الأسفل معطية أجساماً مستديرة يكون أكبرها سناً أبعدها عن الغزل الفطري. تدعى هذه الأجسام حوافظ بوغية أو كونيديات Conidia، الشكل رقم (١٠,١، ب و ج).

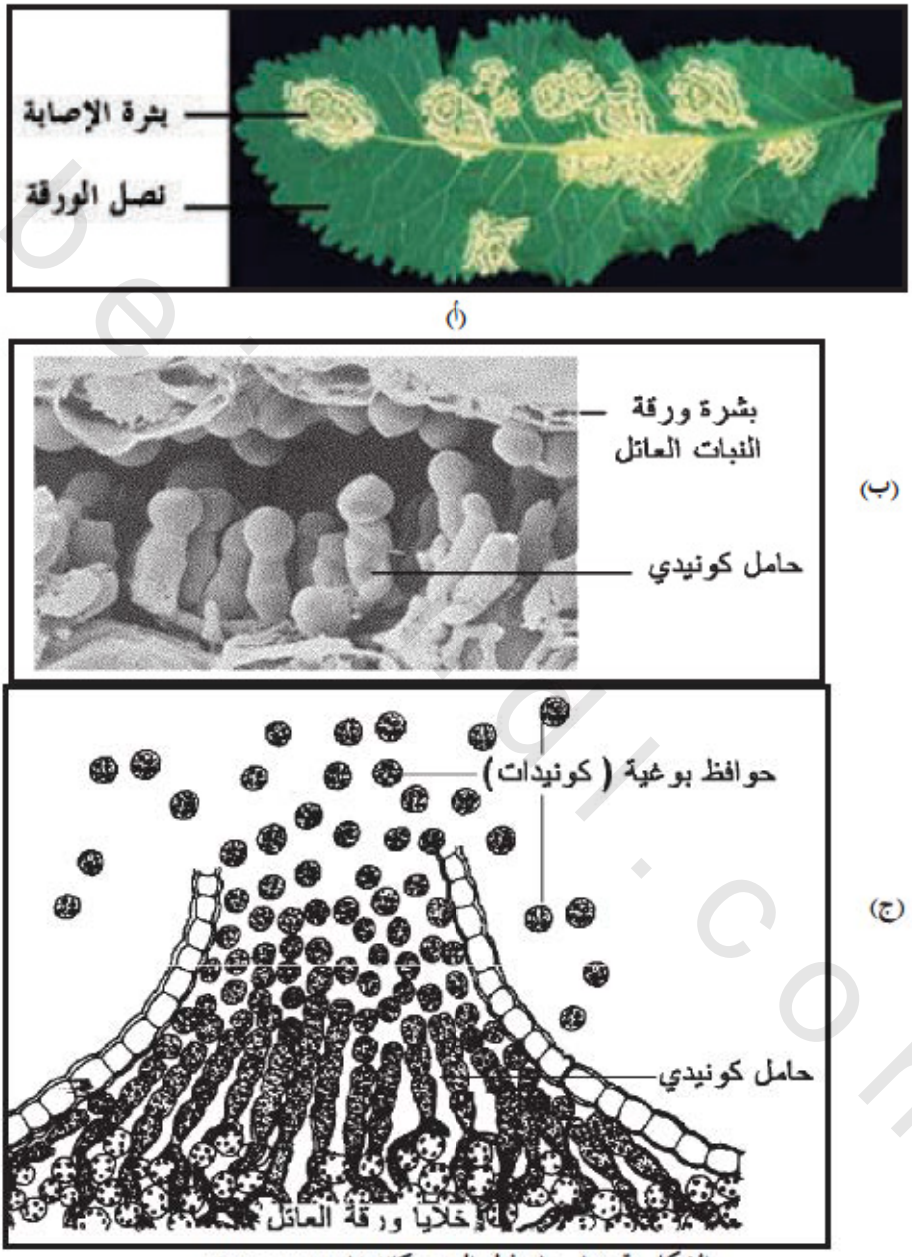
تضغط الحوامل والحوافظ البوغية على بشرة النبات فتمزقها، وتنتشر بفعل الهواء لتصيب نباتات جديدة. عند توفر الرطوبة الكافية تبدأ محتويات الحوافظ البوغية بالانقسام مكونة عدداً كبيراً من الأبواغ السابحة بواسطة سوطين، التي يمكن لها أن تُنبت معطية أنابيب إنبات تدخل عبر الثغور إلى الأنسجة الداخلية للنبات العائل، وهكذا تتكرر الإصابة بهذا الفطر.

(١٠,٤,١,٢) التكاثر الجنسي

يحدث التكاثر الجنسي في الظروف البيئية غير الملائمة لنمو الفطر، فعندما يبدأ النبات العائل بالجفاف وتشارف دورة حياته على النهاية يبدأ الفطر بتشكيل أعضاء جنسية مذكرة وأخرى مؤنثة.

تظهر نتوءات بسيطة على بعض الهيفات، ثم لا تلبث أن تنتفخ مكونة جسماً كروياً تتجمع فيه النواة والسيتوبلازم، وينفصل عن باقي الهيفا بواسطة جدار عرضي، الشكل رقم (١٠,٢). ينقسم الجسم الكروي اختزالياً ويتحول إلى عضو تأنيث (أوجونة Oogonium) أحادي المجموعة الصبغية (n١). يظهر من هيفا أخرى مجاورة أو من نفس الهيفا بروز انبوبي الشكل صغير نسبياً يمتلىء بالسيتوبلازم والنوى وينفصل عن باقي الهيفا بواسطة جدار عرضي. ينقسم البروز الانبوبي أيضاً اختزالياً ويتحول إلى عضو تذكير (أنثريدة Antheridium) أحادي المجموعة الصبغية (n١).

يتقابل عضو التذكير مع عضو التأنيث، ثم تبرز من عضو التذكير أنبوبة إخصاب تخترق جدار عضو التأنيث حتى تصل إلى البيضة، تنتقل بعدها نوى الأنثريدة إلى داخل البيضة، وتنجح نواة ذكرية واحدة في إخصاب نواة البيضة، في حين تختفي جميع النوى الذكرية الأخرى.



الشكل رقم (١٠,١).فطر البوجو كانديدا *Albugo candida*

(أ) صورة لورقة أحد النباتات المصابة بالفطر، (ب) قطاع عرضي في ورقة مصابة، (ج) رسم تخطيطي لمرحلة تمزق بشرة النبات العائل وتحرر الكونيدات.

بعد إتمام الإخصاب تتكون البيضة الملقحة Zygot التي تغلف نفسها بجدار سميك متحولة إلى بوغة بيضية Oospore. تبقى الأبواغ البيضية داخل نسيج العائل إلى أن يموت ويتحلل في التربة، فتنتقل الأبواغ البيضية إلى التربة، وتبقى فيها ساكنة لفترة من الزمن، تبدأ بعدها أنويتها بالانقسام غير المباشر، وتحيط كل نواة ناتجة نفسها بجزء من السيتوبلازم متحولة إلى بوغة سابحة (n٢).

يتمزق جدار البوغة البيضية وتخرج منه حويصلة رقيقة تحتوي بداخلها الأبواغ السابحة، التي لا تلبث إن توفر لها النبات العائل والظروف المناسبة أن تنطلق من الحويصلة، وتُنبت معيدة دورة الحياة من جديد.

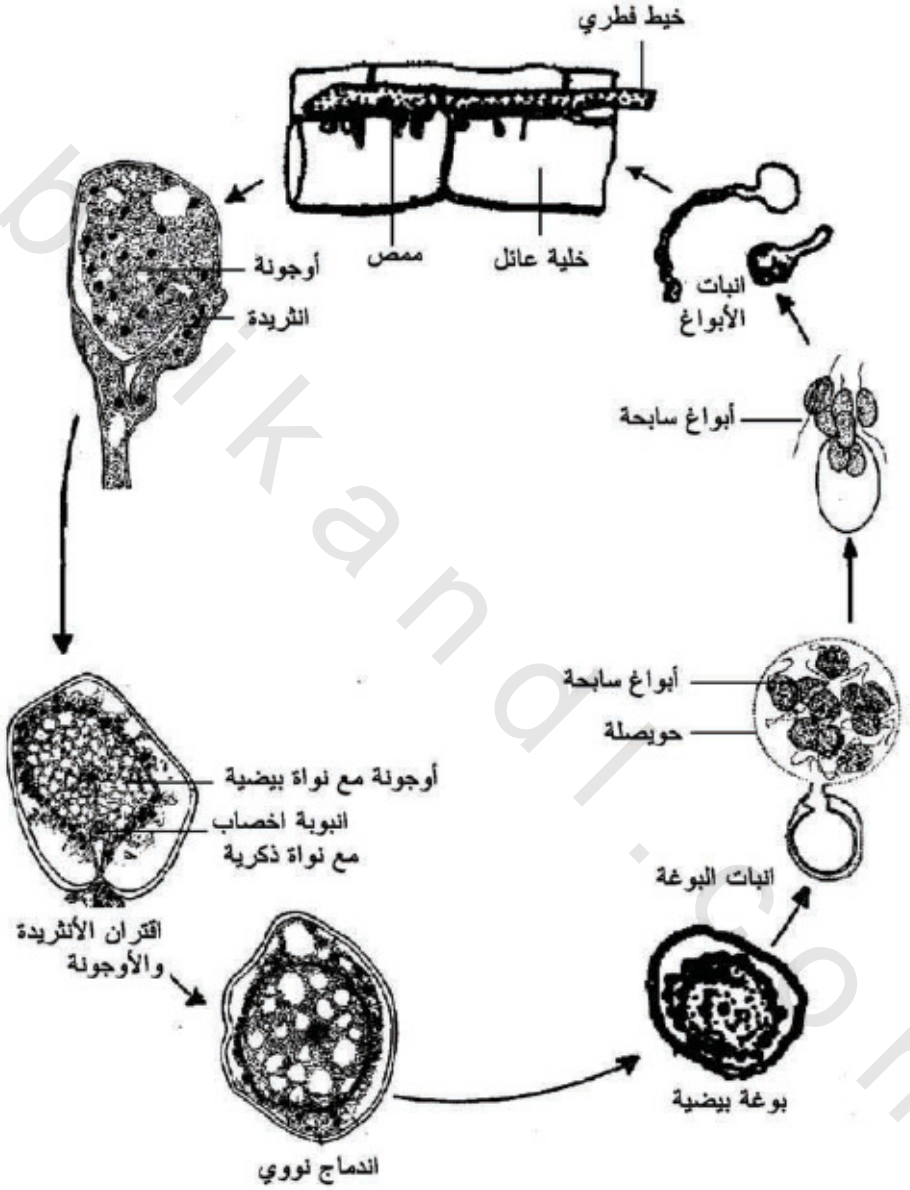
(١٠,٥) الفطريات الزيجوتية Zygomycetes

تعتبر هذه الفطريات فطريات أرضية، تنتشر في التربة الرطبة، وتتميز بأن غزلها الفطري Mycellium غير مقسم، حيث يكون كله عبارة عن مدمج خلوي Coenocyte، يأخذ أشكالاً أنبوبية تشبه إلى حد كبير الطحالب الأنبوبية Siphonale algae (كالجنس فوشيريا *Vaucheria*)، الأمر الذي يفسر تسمية هذه الفطريات بالفطريات الطحلبية Phycomycetes أحياناً. يحدث التكاثر الجنسي عادة بتزاوج مشيج أنثوي غير متحرك Oogenium مع مشيج ذكري متحرر من عضو التذكير Anthridium، مما يؤدي إلى تكون البوغة الزيجوتية Zygspore.

تضم هذه الطائفة ما يزيد عن ٨٠ جنساً فطرياً، نذكر منها فطر العفن الأسود *Mucor* وفطر عفن الخبز *Rhizopus* وفطر أنثوموفثورا *Enthomophthora*.

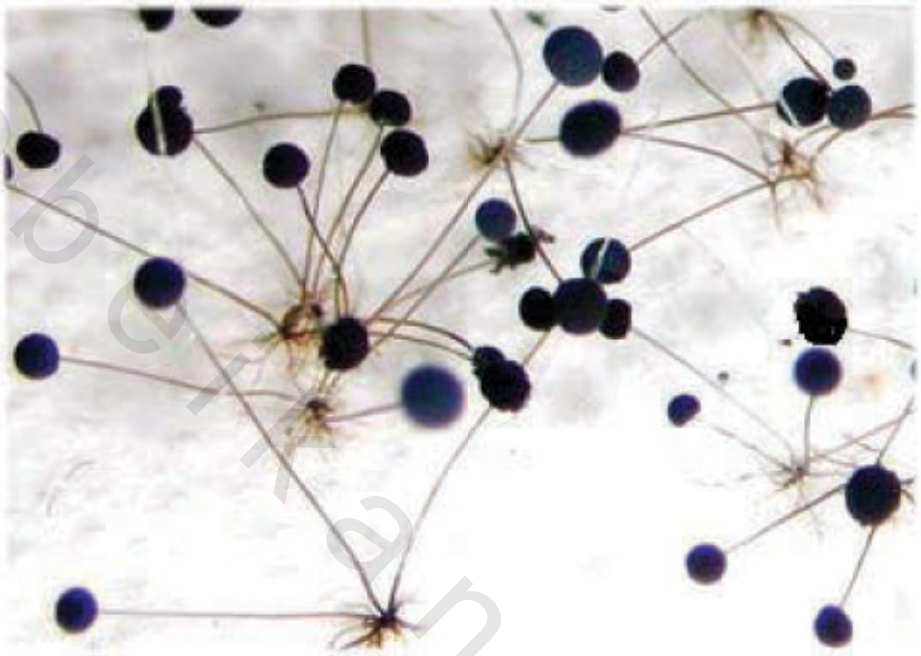
(١٠,٥,١) فطر عفن الخبز *Rhizopus stolonifer*

أطلق على هذا الفطر اسم عفن الخبز لأنه تكثر مشاهدته على الخبز لا سيما في الظروف المناسبة من الرطوبة ودرجة الحرارة، حيث يُلاحظ أن الفطر يعطي في البداية غزلاً فطرياً على هيئة خيوط دقيقة بيضاء اللون، لا يلبث أن يتحول لونها تدريجياً إلى الأسود وذلك مع نضج الحوافظ البوغية في نهايات الأفرع الفطرية القائمة.

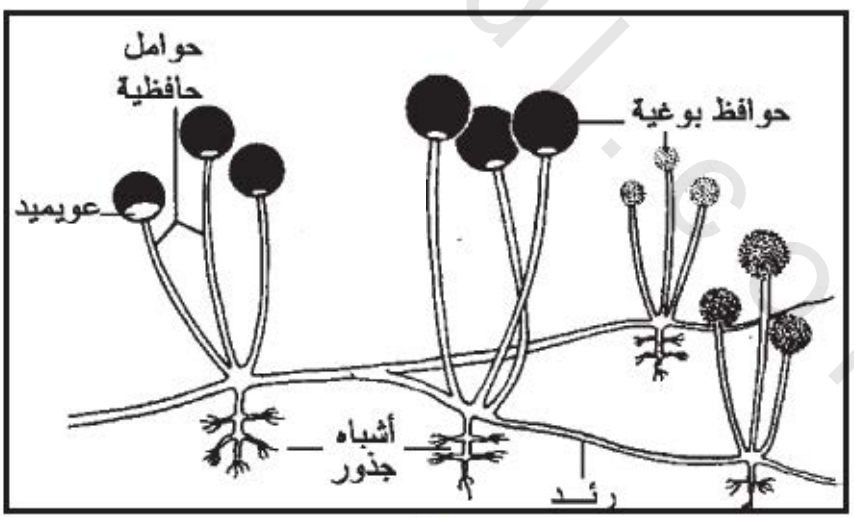


الشكل رقم (٢, ١٠). التكاثر الجنسي عند فطر البوجو كانديدا **Albugo candida**

obeikandl.com



(أ)



(ب)

الشكل رقم (١٠,٣). فطر عفن الخبز *Rhizopus stolonifer*
(أ) صورة فوتوغرافية ، (ب) رسم تخطيطي.

obeikandl.com

يتكون ثالوث الفطر من غزل فطري يمتد فوق سطح الوسط أو المادة العضوية، وتنبثق منه أشباه جذور Rhizoids تتغلغل في الطبقة التحتية ، وتعمل على تثبيت الفطر بإحكام. يسمى الغزل الفطري الذي يربط بين مجموعتين من أشباه الجذور بالرئد Stolon ، الشكل رقم (١٠,٣) .تنبثق مقابل كل مجموعة من أشباه الجذور حزمة من الخيوط الفطرية غير المتفرعة تتجه إلى أعلى، ويحمل كل منها كيساً بوغياً يعرف بالحافظة البوغية Sporangium ، وتسمى الهيفات التي تحملها بالحوامل الحافظية Sporangiophores. هذا ويكون الثالوث بأكمله عبارة عن مدمج خلوي بينما تتكون حواجز عند قواعد الحوافظ البوغية فقط.

(١٠,٥,١,١) التكاثر اللاجنسي

يتكاثر فطر عفن الخبز لاجنسياً بواسطة أبواغ حافظية، تتكون داخل أكياس خاصة تعرف بالحوافظ البوغية Sporangia. تنشأ الحافظة البوغية عند طرف الحامل كانتفاخ كروي الشكل يتميز بغناه بالمواد الغذائية والسيتوبلازم والنوى، ولا يلبث أن ينفصل عن بقية الخيط بجدار مستعرض، وتنقسم محتوياته إلى عدة آلاف من الأبواغ Spores. بدءً من الجدار المستعرض يأخذ بروز في التشكل مكوناً انتفاخاً يعرف بالعويميد Columella. وعندما تنضج الأبواغ يستمر العويميد في الانتفاخ مندفعاً إلى أعلى داخل الحافظة البوغية، مما يسبب ضغطاً على الأبواغ ومن ثم على جدار الحافظة الذي لا يلبث أن يتمزق محرراً الأبواغ الحافظية Sporangiospores ، التي تبدأ بالإنبات عند سقوطها على وسط غذائي رطب مناسب معطية خيوطاً فطرية جديدة.

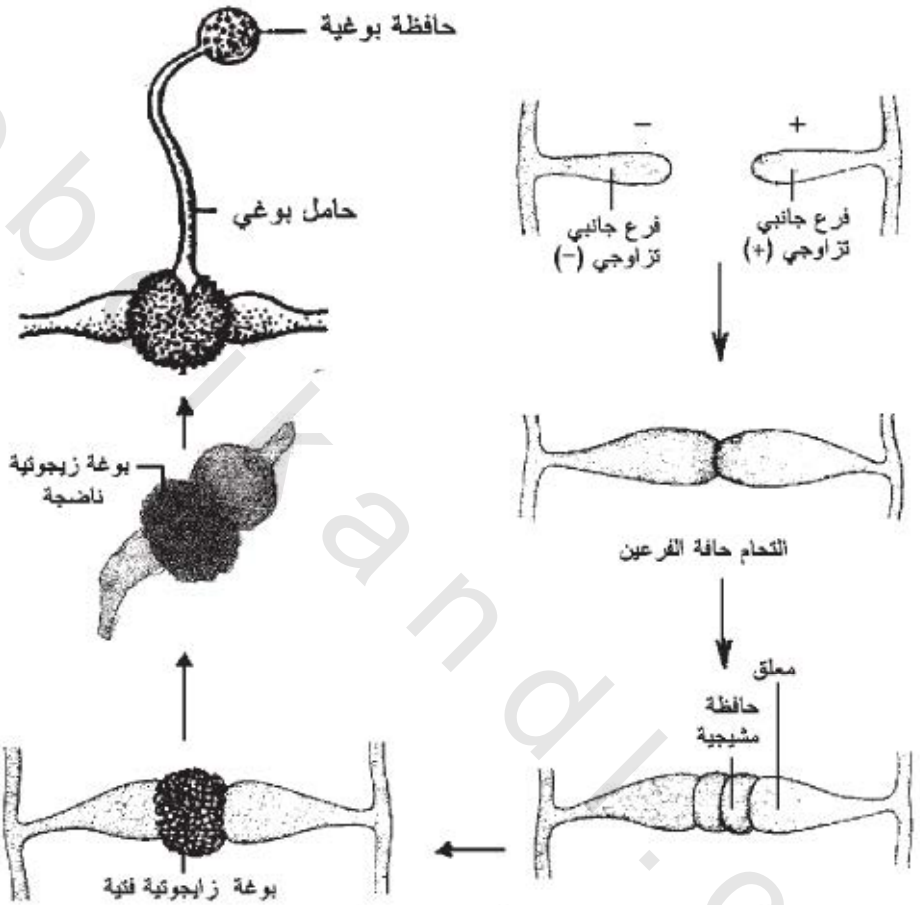
تنتشر الأبواغ بواسطة الهواء أو غير ذلك من وسائل آلية ، فإذا ما استقرت على وسط غذائي مناسب لإنباتها، أعطت أنبوبة إنبات تستمر في التغذية والنمو حتى تعطي ثالوثاً جديداً.

(١٠,٥,١,٢) التكاثر الجنسي

يحدث التكاثر الجنسي عادة في الظروف غير المواتية كنقص الغذاء وجفاف الوسط، حيث يأخذ خيطان فطريان متجاوران بتكوين فرعين جانبيين ، أو فرعين تزاوجيين عديدي النوى، يعرف كل منهما بالحافظة المشيجية الأولية Progametangium، الشكل رقم (١٠,٤). تتشابه الحافظتان المشيجيتان الأوليتان بنيوياً، إلا أنهما تختلفان عن بعضهما فسيولوجياً (+ ، −).

يقترب كل فرع من الآخر حتى يتلامسا، ولا يلبث أن ينساب إلى الأطراف المتلامسة سيتوبلازم غزير ونوى عديدة وعندئذ تأخذ تلك الأطراف في الاتساع ، ويتكون حاجز قرب طرف كل حافظة مشيجية أولية ليفصلها إلى قسمين: حافظة مشيجية طرفية Gametangium و معلق Suspensor. وعندما تتلامس الحافظتان تذوب الجدر الفاصلة بينهما في منطقة التلامس، وتمتزج محتوياتهما، وتتكون نتيجة الاقتران البلازمي والاقتران النووي خلية لاقحية (بيضة ملقحة) Zygot .

تأخذ البيضة الملقحة في الاتساع إلى حد كبير، ويتغلظ جدارها ويصبح سطحها أسود اللون، وتتحول إلى بوغة زيجوتية Zygospore . تبقى البوغة الزيجوتية ساكنة، وتقاوم الظروف البيئية غير المناسبة ، فإذا ما تهيأت لها الظروف المناسبة من جديد فإنها تنبت معطية أنبوبة إنبات تستمر في النمو لتعطي حوامل حافظية تحتوي على أبواغ لاجنسية.لا تلبث الأبواغ الأخيرة أن تتحرر وتنتشر في كل مكان، وتنتهج مسلك الأبواغ الحافظية في بدء حياة فطر جديد.



الشكل رقم (١٠,٤). مراحل التكاثر الجنسي وتشكل البوغة الزيجوتية لدى فطر عفن الخبز *Rhizopus stolonifer*

(١٠,٦) الفطريات الزقية Ascomycetes

تضم هذه الطائفة عدداً هائلاً من الفطريات حيث يتراوح عدد أنواعها ما بين ٢٥ إلى٣٠ ألف نوع، تتوزع ضمن حوالي ١٨٠٠ جنسٍ (الرحمة، ١٩٩٨م)، مكونة أكبر مجموعة من الفطريات المعروفة التي تنتشر أنواعها في معظم البيئات (تربة، ماء،

هواء)، حيث تعيش مترممة على بقايا النباتات والحيوانات أو متطفلة إجبارياً أو اختيارياً.

تعيش معظم هذه الفطريات مترممة ضمن التربة الغنية بالمخلفات العضوية أو على روث الحيوانات وبقايا النباتات منتجة أجساماً ثمرية Fruit-bodies كبيرة تسهل مشاهدتها، إلا أن بعضها يمكن أن يعيش متطفلاً على السطح الخارجي للعائل أو داخل أنسجته مسبباً أمراضاً جلدية وتنفسية مختلفة للإنسان والحيوان.

تتطفل بعض أجناس الفطريات الزقية على نباتات المحاصيل والزينة و أشجار الفاكهة وغيرها مسببة لها أمراضاً كثيرة وخطيرة ، مثل أمراض البياض الدقيقي، وجرب التفاح، وتعفن أكواز الذرة، وتجعد أوراق الخوخ، وغيرها. وبالمقابل هناك الكثير من هذه الفطريات ذات فائدة عظيمة للإنسان، كالأنشطة التخمرية لفطر الخميرة والأنشطة البيولوجية والحيوية لفطر البنيسليوم المنتج للمضاد الحيوي بنيسيلين.

تتميز هذه الفطريات باحتوائها على غزل فطري مقسم بجدر عرضية، وبتكوينها أبواغ جنسية خاصة تعرف بالأبواغ الزقية أو الأسكية تتولد داخل أكياس خاصة يعرف كل منها بالزق Ascus ، كما تتسم هذه الفطريات عند نموها بإنتاجها أجساماً ثمرية زقية Ascocarp. تتميز الأعضاء الجنسية لدى هذه الفطريات إلى ذكرية (أنثريدة Anthridium) و أنثوية (أسكوجونة Ascogonium).

نذكر من أجناس هذه الفطريات : فطر الخميرة *Saccharomyces* الوحيد الخلية بالإضافة إلى كل من فطري البنيسيليوم *Penicillium* والأسبرجيللس *Aspergillus* .

(١٠,٦,١) فطر الخميرة *Saccharomyces sp.*

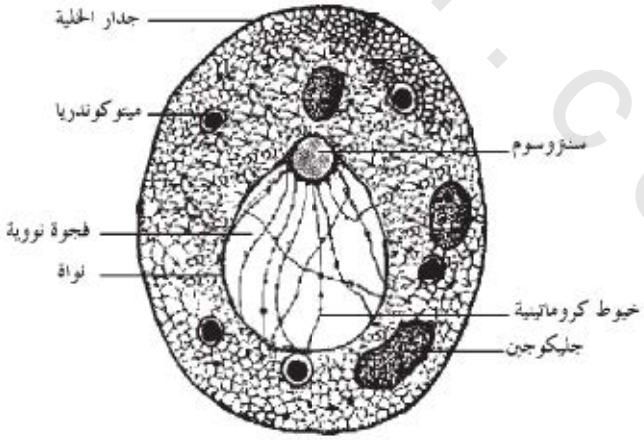
يعمل فطر الخميرة على تخمير المحاليل السكرية ، كما يستغل صناعيا في صناعة الخبز وفي صناعة الكحول، وكمصدر لفيتامين ب المركب، وفي صناعة البيرة والنبيذ وغيرها من المشروبات الكحولية. لقد اكتشف الباحثان الفالح وونرايت في عام

١٩٩٥م مقدرة بعض الخمائر على أكسدة العناصر المعدنية في التربة (كالكبريت والنتروجين والفوسفور،..)، حيث تبين مقدرة عدد من خمائر التربة على أكسدة عنصر الكبريت وفقاً للمراحل التالية:

كبريت (S) ← ثيوكبريتات (S_2O_3) ← تتراكبريتات (S_4O_6) ← كبريتات (SO_4)

وكذلك أكسدة مركبات النتروجين مثل اليوريا والأمونيوم وتحويلها إلى نتريت ثم نترات، بالإضافة إلى مقدرة خمائر التربة هذه على أكسدة الفوسفور وتحويله إلى فوسفات. والجدير بالذكر أن هذه المركبات (PO_4, NO_3, SO_4) أساسية في زيادة خصوبة التربة، حيث يمكن للنبات امتصاصها وتوظيفها في تغذيته مما يزيد من محصوله، (Al-Falih and Wainwright, ١٩٩٥; Wainwright and Al-Falih, ١٩٩٦).

يتكون جسم الفطر من خلية واحدة وليس هناك هيفات، وتتكون الخلية من جدار وسيتوبلازم ونواة وفجوة عصارية Vacoule ومواد غذائية مدخرة، الشكل رقم (١٠,٥).



الشكل رقم (١٠,٥). تركيب خلية فطر الخميرة *Saccharomyces sp.*

(١٠,٦,١,١) التكاثـــــر

يمكن لفطر الخميرة أن يتكاثر لاجنسياً وجنسياً كما يأتي:

١- التكاثر اللاجنسي: ويتم بعدة طرق منها التبرعم أو عن طريق تكوين أبواغ داخلية أو عن طريق الانشطار الثنائي البسيط.

أ) **التـــــبرعم Budding:** وهـو يحـدث نتيجـة انتفـاخ في جـدار الخليـة الأم لا يلبـث أن ينتقـل إليـه جـزء مـن الـسيتوبلازم وبعـض محتويـات الخليـة الأم، ممـا يـؤدي إلى تـشكل بـرعم جـانبي. تنقـسم النـواة في المرحلـة التاليـة انقـساماً ثنائيـاً بـسيطاً إلى قـسمين، يـدخل أحـدهما في الـبرعم ويبقـى الآخـر في الخليـة. يظـل الـبرعم متـصلاً بالخليـة الوالـدة لفـترة ثـم ينفـصل عنهـا ليعطـي خلية جديدة، الشكل رقم (١٠,٦ أ).

ب) **الانشطار الثنائي Binary fission:** إذ تأخذ الخلية في الاستطالة، ثم يحدث تخصر في منتصفها ـ كما هو الحال في البكتيريا ـ ثم يتوزع السيتوبلازم بالتساوي بين جزئي الخلية، ويعقبه انقسام للنواة وتوزع لمحتوياتها أيضاً بالتساوي بين جزئي الخلية، ثم يتشكل جدار في منطقة تخصر الخلية فيقسمها إلى قسمين متساويين، تنجم عنه خليتان جديدتان، الشكل رقم (١٠,٦ ب).

ج) **تكوين أبواغ داخلية Endospore formation:** في الظروف البيئية غير الملائمة لنمو الفطر، تأخذ الخلية الفطرية شكلاً كروياً، ويتغلظ جدارها وتنقسم محتوياتها إلى أربعة أو ثمانية أبواغ داخلية ذات جدر سميكة ونواة مفردة بكل منها. مع تحسن الظروف البيئية يتشقق غلاف الخلية وتتحرر الأبواغ التي تنمو كخمائر جديدة.

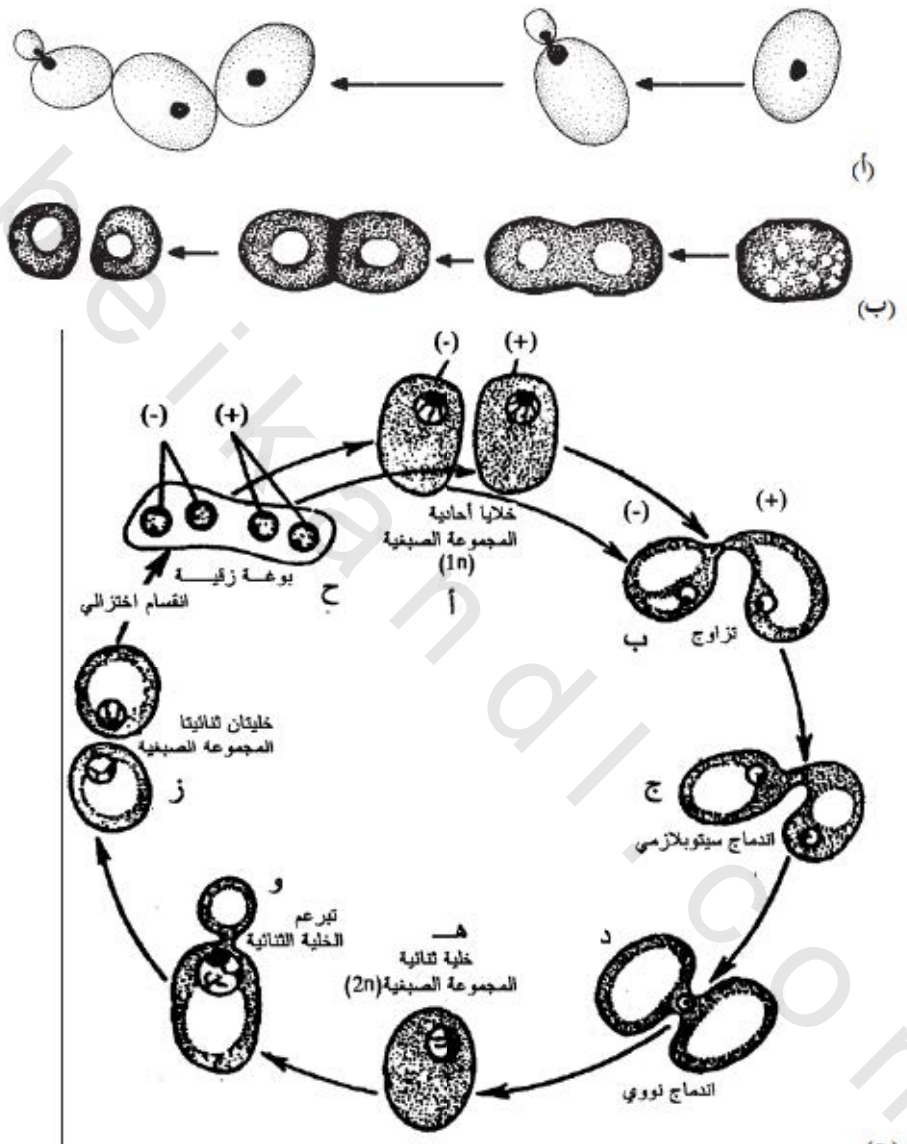
٢- التكاثر الجنسي: تقترب خليتان فطريتان من بعضهما، حيث تعطي كل منهما بروزاً جانبياً. يتقابل البروزان مع بعضهما ثم لا يلبثا أن يلتصقا وتزول الجدر الفاصلة بينهما، وتندمج النواتان مكونة نواة ثنائية المجموعة الصبغية (٢n)، الشكل رقم (١٠,٦ج). لا تلبث هذه النواة الأخيرة أن تنقسم انقسامين أو ثلاثة انقسامات متتالية، الأول منها اختزالي منتجة أربع أو ثماني نويات أحادية المجموعة الصبغية، تحيط كل نواة نفسها بقليل من السيتوبلازم، ولا تلبث أن تتحول كل منها إلى بوغة زقية Ascospore، تتحول تدريجياً إلى خلية كاملة (١٩٨٨ ،١٩٨٧ ,Rose and Harrison).

(١٠,٦,٢) فطر البنسيليوم *Penicillium sp.*

يعتبر هذا الفطر من أوسع الفطريات انتشارا، إذ يوجد في كل مكان حيث الوسط الغذائي المناسب، وينمو مترمماً بشكل خاص على قشور الثمار كالبرتقال والليمون مسبباً عفناً أخضر اللون. يتسبب هذا الفطر في إتلاف الكثير من المواد الغذائية والعضوية والجلود والأقمشة، إلا أن بعض أنواع هذا الجنس ذات أهمية طبية من خلال مقدرتها على إنتاج المضادات الحيوية التي تثبط نمو بعض البكتيريا. وفي عام ١٩٢٩م استطاع العالم واكمان فلامينج أن يستخلص من فطر بنسليوم نوتاتم *P. notatum* مضاداً حيوياً فعالاً أسماه البنسيلين.

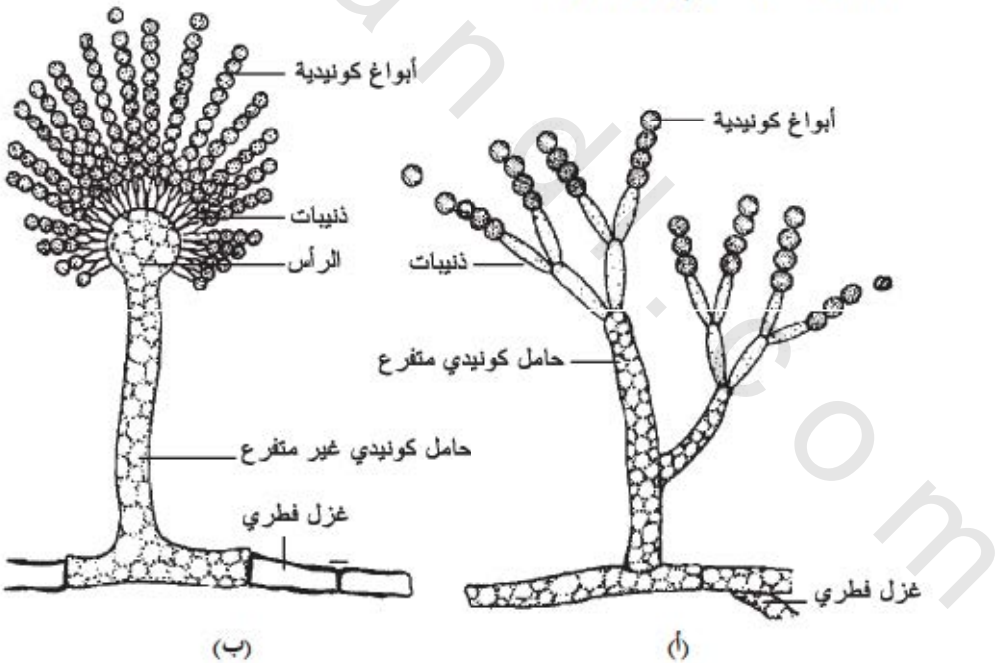
(١٠,٦,٢,١) التكاثـــــر

١- التكاثر اللاجنسي: يتم التكاثر اللاجنسي عن طريق تشكيل أبواغ كونيدية، تتكون في نهايات حوامل كونيدية Conidiophores قائمة ومتفرعة ومقسمة تشبه المكنسة (من هنا استمد هذا الفطر اسمه اللاتيني)، ويحمل كل فرع طرفي ذنيبات Sterigmata قد تتفرع بدورها إلى ذنيبات طرفية أصغر تحمل الأبواغ الكونيدية Conidiaspores، التي ينتظم بعضها فوق بعض، الشكل رقم (١٠,٧ أ)، يمكن للبوغة الكونيدية المتحررة أن تنبت معطية خيطاً فطرياً جديداً.



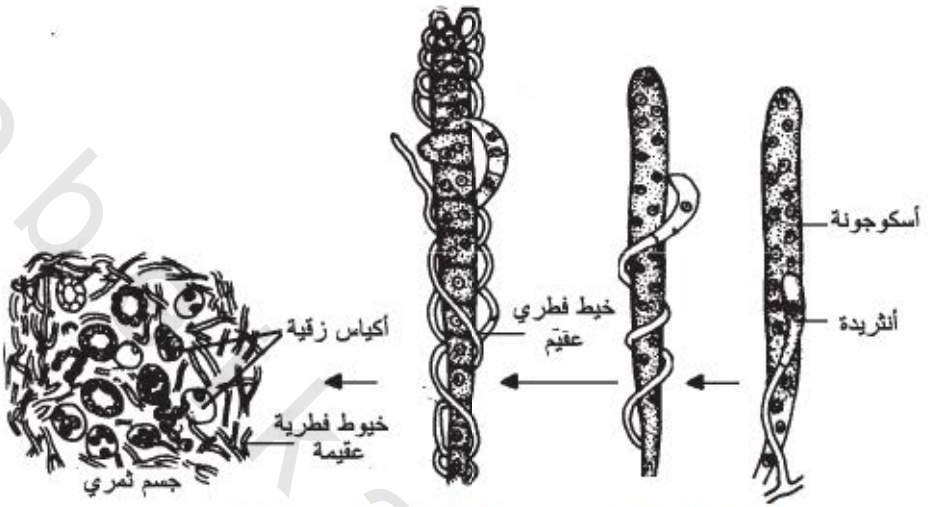
الشكل رقم (١٠,٦). التكاثر اللاجنسي والجنسي لفطر الخميرة *Saccharomyces* التكاثر اللاجنسي (أ) بالتبرعم ، (ب) بالانشطار الثنائي، (ج) التكاثر الجنسي.

٢- التكاثر الجنسي: ينمو من أي خلية من خلايا الغزل الفطري عضو تأنيث (أسكوجونة Ascogonium) على هيئة خلية متطاولة، تدعى مولدة الكيس الزقي وتحتوي على نواة واحدة، لا تلبث أن تنقسم عدة مرات منتجة ٣٢ -٦٤ نواة، كما ينمو من هيفا مجاورة عضو تذكير (أنثريدة Antheridium) وحيد النواة. يلتف عضو التذكير حول عضو التأنيث وتذوب الجدر الفاصلة في نقطة التماس بين الجزء العلوي من عضو التذكير و عضو التأنيث، ويلتقي بروتوبلاست كل منهما بالآخر، الشكل (١٠,٨). ثم تتشكل جدر عرضية ضمن عضو التأنيث وينقسم إلى عدد من الخلايا التي يعطي كل منها خيطاً زقياً، تتكون عليه أكياس زقية كروية، يحتوي كل منها على ٤- ٨ أبواغ زقية، يتكون بين الأكياس الزقية وحولها خيوط فطرية عقيمة، تؤدي في النهاية إلى تشكل جسم ثمري مغلق.



الشكل رقم (١٠,٧). الحوامل والأبواغ الكونيدية.

(أ) فطر البنيسليوم *Penicillium*، (ب) فطر الأسبرجيللس *Aspergillus*



الشكل رقم (١٠,٨). بعض مراحل التكاثر الجنسي لفطر البنسيليوم.

(١٠,٦,٣) فطر الأسبرجيللس *Aspergillus sp.*

يوجد الأسبرجيللس في بيئات كثيرة، وينمو مترمماً حيث يسبب تلف المواد الغذائية (تعفن الخضروات واللحوم)، كما تسبب بعض أنواعه أمراضاً جلدية للإنسان لا سيما في منطقة الأظافر، وأمراضاً تنفسية تصيب الإنسان والحيوان. وبالمقابل هناك بعض أنواعه النافعة التي تستغل اقتصاديا في صناعة الأنزيمات، وإنتاج الأحماض العضوية (كالأوكساليك والستريك) والمضادات الحيوية.

يكون الغزل الفطري في جنس أسبرجيللس متفرعاً ومقسماً داخلياً، و تنبثق منه حوامل كونيدية قائمة غير متفرعة وغير مقسمة عادة ، وينتفخ طرف الحامل الكونيدي Conidiophore مكوناً رأساً مميزاً تنبثق منه عدة ذنيبات Sterigmata ، ويشبه إلى حد بعيد رأس المروحة (من هنا تم اشتقاق الاسم اللاتيني لهذا الفطر)، الشكل رقم (١٠,٧ ب).

(١٠,٦,٣,١) التكاثر اللاجنسي

يحمل كل ذنيب في الرأس سلسلة من الأبواغ الكونيدية، التي تنتظم في تعاقب قمي. يمكن لهذه الأبواغ عند نضجها أن تنفصل بسهولة بواسطة الرياح، فإذا ما سقطت على وسط غذائي مناسب فإنها تنبت ليعطي كل منها فطراً جديداً.

(١٠,٦,٣,٢) التكاثر الجنسي

يعتبر التكاثر الجنسي نادر الحدوث عند الأسبرجيللس، وينتج عنه تكوين جسم ثمري زقي مغلق كروي الشكل، يحتوي بداخله العديد من الأكياس الزقية، مع نضوج الجسم الثمري فإنه يتمزق وتنفتح الأكياس الزقية محررة الأبواغ الزقية، التي تنبت عند توفر الظروف المواتية ليعطي كل منها فطراً جديداً.

(١٠,٧) الفطريات البازيدية Basidiomycetes

تعتبر الفطريات البازيدية أكثر الأنواع شهرة في مملكة الفطريات، وهي تضم ما يزيد عن ٢٥ ألف نوع فطري. وتعتبر معظم هذه الأنواع الفطرية كبيرة الحجم ، يعيش بعضها مترمماً على التربة الغنية بالمواد العضوية الناجمة عن تحلل البقايا النباتية، أو متطفلاً على بعض الكائنات الحية مسبباً لها أمراضاً مختلفة. لا تمتلك هذه الفطريات أعضاء تذكير أو أعضاء تأنيث، حيث يتم التكاثر الجنسي عن طريق الاقتران الجسمي بين الخيوط الفطرية المتجاورة، مؤدياً إلى ظهور خيوط ذات خلايا ثنائية النوى.

تتميز فطريات هذه الطائفة بأن غزلها الفطري مقسم دوماً بجدر عرضية، ويتشكل من هذا الغزل حوامل بوغية صولجانية الشكل، يعرف كل منها بالبازيديوم Basidium، يمكن أن يكون البازيديوم مقسماً أو غير مقسم ، ويحمل خارجياً الأبواغ البازيدية Basidiospore. لا تمتلك هذه الفطريات أعضاء تذكير أو أعضاء تأنيث، حيث يتم التكاثر الجنسي عن طريق الاقتران الجسمي بين الخيوط الفطرية المتجاورة، مؤدياً

إلى ظهور خيوط ذات خلايا ثنائية النوى. يتم التمييز خلال دورة الحياة بين ثلاثة أطوار متعاقبة وفقاً للتسلسل التالي: طور ذو خلايا أحادية النواة أحادية المجموعة الصبغية Haploid (١n)، يليه طور ذو خلايا ثنائية النوى أحادية المجموعة الصبغية (يستمر لفترة طويلة في دورة الحياة)، ثم طور ذو خلايا أحادية النواة ثنائية المجموعة الصبغية Diploid (٢n) (يظهر لفترة قصيرة في دورة الحياة).

تضم هذه الطائفة مجموعة كبيرة من الفطريات ذات الأهمية الاقتصادية الكبيرة، فبعضها يسبب أمراضاً بالغة الخطورة على النباتات، مثل أمراض التفحم وأمراض الأصداء كفطر صدأ القمح *Puccinia graminis* وهي فطريات متطفلة إجبارياً، بينما يستخدم بعضها الآخر كغذاء للإنسان، كفطر عيش الغراب *Agaricus sp.*. كما يستخرج من بعضها الآخر كأنواع الفطر سيلوكيب *Psilocybe* مواد كيميائية مسببة للهلوسة كمادتي سيلوكيبين Psilocybin وسيلوكين Psilocin. وتعتبر بعض الفطور البازيدية شديدة السمية مثل الجنس أمانيتا *Amanita*، الشكل رقم (١٠,٩).

(١٠,٧,١) فطر صدأ القمح *Puccinia graminis*

يعيش هذا الفطر متطفلاً إجبارياً على النباتات مسبباً لها مرض صدأ القمح، ويكمل دورة حياته على عائلين نباتيين مختلفين أحدهما نجيلي (القمح أو الشعير أو الشوفان) والآخر ثنائي الفلقة هو البري بري *Berberis vulgaris*. يُساعد الجو الدافئ الرطب على انتشار المرض، الذي تظهر أعراضه على القمح وغيره من النجيليات على هيئة بثرات برتقالية أو سوداء تتركز على الأوراق والسيقان، وتقود إلى اصفرار الخلايا وتلف الأنسجة، وتناقص إنتاجية النبات أو موته. وبالتالي يُسبب هذا الفطر خسائر فادحة في محصول القمح، تُقدر بعشرات الملايين من الدولارات سنوياً.

(ب)

(أ)

(د)

(ج)

الشكل رقم (١٠,٩). بعض أنواع الفطريات البازيدية.

(أ) فطر سيلوكيب *Psilocybe cyanescence* ، (ب) فطر أمانيتا *Amanita muscaria*

(ج) فطر صدأ القمح *Puccinia sp.*، (د) فطر عيش الغراب *Agaricus sp.*

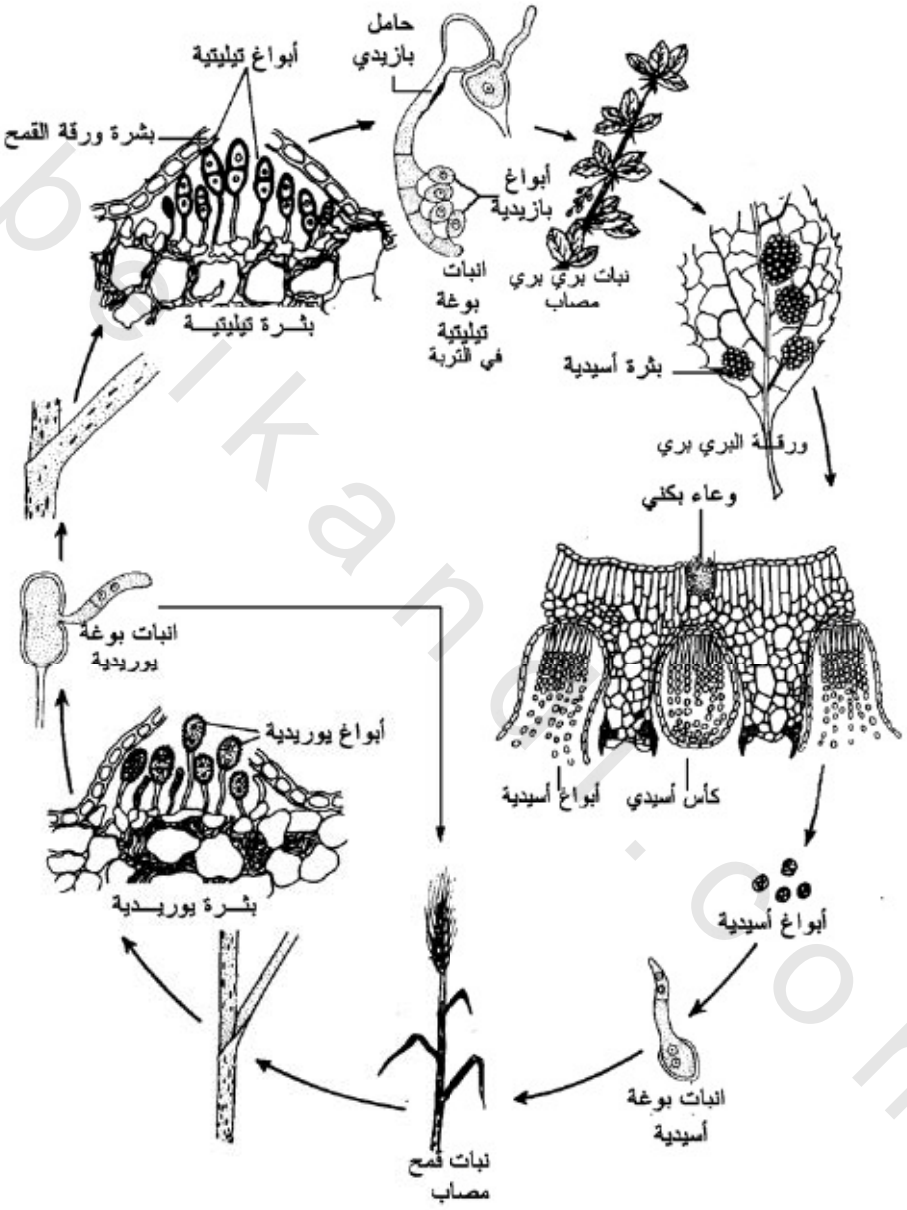
(١٠,٧,١,١) دورة الحياة

تتميز دورة حياة هذا الفطر بأنها طويلة نسبياً، وتتضمن خمسة أطوار بوغية، هي:

١- الطور اليوريدي Uredio stage: تبدأ إصابة نبات القمح وغيره من النجيليات في فصل الربيع عن طريق أبواغ منتشرة في الهواء وحيدة الخلية ثنائية النوى من النمط الأسيدي Accidiospores أو من النمط اليوريدي Urediospores. تستقر هذه الأبواغ على سطح الورقة ومع توفر الرطوبة المناسبة فإنها تُنبت معطية أنابيب إنبات دقيقة تخترق بشرة النبات العائل عن طريق الثغور باتجاه الأنسجة الداخلية حيث تبدأ بالنمو والانقسام مشكلة الغزل الفطري الذي تحتوي كل خلية من خلاياه على نواتين أحاديتي المجموعة الصبغية (n١). يبدأ الغزل الفطري بدوره بإعطاء أبواغ يوريدية، تضغط على بشرة النبات العائل، فتؤدي إلى تمزقها، حيث تبدو الإصابة عندها على هيئة بثرات برتقالية اللون.

تبدو الأبواغ اليوريدية بيضية أو كروية الشكل، وتتألف من خلية واحدة، تحتوي بداخلها نواتين وتُحاط بجدارين أحدهما خارجي خشن يحتوي عدداً من ثقوب الإنبات، والآخر داخلي رقيق، الشكل رقم (١٠,١٠). تكون هذه الأبواغ محمولة على أعناق ضعيفة، لا تلبث أن تنفصل عنها، وتنتشر مع الهواء لتُصيب نباتاً نجيلياً آخر، وهكذا تتكرر الإصابة مرات ومرات طالما كانت الظروف البيئية مناسبة، لذا يُدعى هذا الطور بالطور المتكرر.

٢- الطور التيليتي Teleuto stage: يظهر هذا الطور في نهاية موسم نمو النبات النجيلي العائل، حيث يبدأ الغزل الفطري المنتشر في الورقة المصابة بإنتاج أنواع أخرى من الأبواغ تُدعى بالأبواغ التيليتية Teleutospores التي تتشكل ضمن بثرات تيليتية Teleutosori داكنة اللون ومنتشرة على الساق وأغماد الأوراق.



الشكل رقم (١٠,١٠). دورة حياة فطر صدأ القمح *Puccinia graminis*.

وتبدو البوغة التيليتية معنقة، بنية اللون، مذببة القمة ومؤلفة من خليتين تنفصلان عن بعضهما بحاجز بسيط، الشكل رقم (١٠,١٠). تحتوي كل خلية على نواتين أحاديتي المجموعة الصبغية، لا تلبثان أن تندمجا في نواة واحدة ثنائية المجموعة الصبغية، وتحاط كلتا الخليتين بجدار سميك أملس يجمعهما ويحتوي على ثقب إنبات مقابل قمة كل خلية.

تتحمل البوغة التيليتية الظروف البيئية القاسية وتبقى غالباً متصلة مع نسيج النبات النجيلي العائل حتى تتحلل أنسجته، حيث تظل في التربة ساكنة طيلة الشتاء.

٣- الطور البازيدي Basidio stage: تبدأ الأبواغ التيليتية بالإنبات مع توفر الظروف الملائمة، حيث يخرج من كل خلية في البوغة حامل بازيدي على هيئة أنبوب صغير، ثم لا تلبث نواة كل خلية أن تنزلق داخل الحامل وتنقسم انقسامين متتاليين أولهما اختزالي مؤدية إلى إنتاج أربع نويات أحادية المجموعة الصبغية.

ينقسم بعدها الحامل البازيدي بحواجز عرضية بين النويات لتتشكل أربع خلايا كل منها وحيدة النواة. ينبثق من كل خلية بازيدية نتوء أو ذنيب صغير ينتهي بانتفاخ كروي، تنتقل إليه نواة الخلية البازيدية، ثم ينفصل الانتفاخ ليكون بوغة بازيدية Basidiospore، وبذلك تتكون على الحامل أربعة أبواغ بازيدية، الشكل رقم (١٠,١٠)، تكون اثنتان منها من النمط السالب (-)، واثنتان من النمط الموجب (+). تنفصل هذه الأبواغ بعد نضجها عن الحامل، وتنتقل بواسطة الرياح لتصيب نبات البري بري، الذي يمثل العائل الثاني في دورة حياة هذا الفطر.

٤- الطور البكني Pycnio stage: تبدأ البوغة البازيدية بالإنبات على سطح ورقة نبات البري بري معطية خيطاً دقيقاً، يخترق طبقة الأدمة ونسيج البشرة ثم ينمو

ويتفرع ضمن الأنسجة الداخلية، ليعطي غزلاً فطرياً تحتوي كل خلية من خلاياه على نواة واحدة. لا يلبث هذا الغزل الفطري أن يعطي على السطح العلوي للورقة أوعية بكنية Pycnidia قارورية الشكل، تنتهي بفتحة ضيقة.

تحتوي الأوعية البكنية خيوطاً خصبة ً ينتهي كل منها بسلسلة من الأبواغ البكنية، وتفصل هذه السلاسل عن بعضها البعض خيوط عقيمة. كما نجد داخل الأوعية البكنية نمطاً ثالثاً من الخيوط الطويلة التي تبرز من فوهة الوعاء البكني، وتدعى بخيوط الاستقبال Receptive hypha التي تستقبل الأبواغ البكنية القادمة إليها من وعاء بكني آخر.

بما أنه يوجد نوعان من الأبواغ البازيدية ـ سالبة وموجبة ـ، لذلك فإننا نميز أيضاً نوعين من الأوعية البكنية ـ بعضها موجب وبعضها سالب ـ التي تختلف عن بعضها وراثياً.

تقوم الأوعية البكنية بإفراز سائل حلو المذاق، مما يجذب الحشرات إليها ويساهم في نقل الأبواغ فيما بينها. حيث تستقبل خيوط استقبال الأوعية الموجبة السلالة الأبواغ المنقولة إليها من الأوعية السالبة، والعكس صحيح.

تبدأ عملية الإخصاب بالتحام بوغة بكنية مع خلية طرفية لخيط استقبال مغاير لها وراثياً، فتنتقل نواة البوغة البكنية إلى الخلية الطرفية، مما يقود إلى ظهور خلية ثنائية النوى، تعطي بتوالي انقساماتها غزلاً فطرياً جميع خلاياه ثنائية النوى.

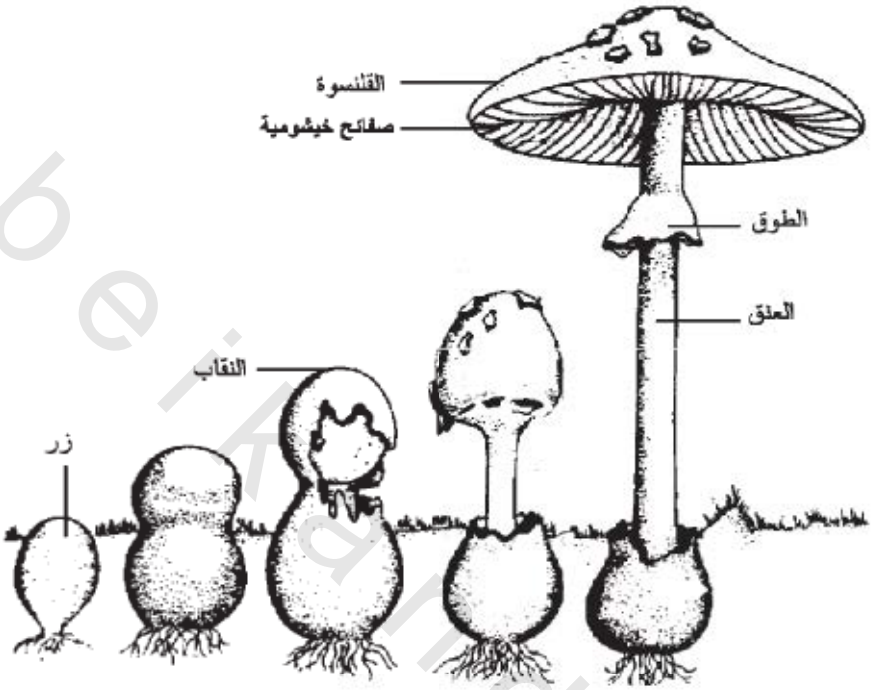
٥- الطور الأسيدي Aecidio stage: ينمو الغزل الفطري المتكون داخل الأوعية البكنية متجهاً نحو السطح السفلي لورقة البري بري، معطياً مجموعة من الكؤوس الأسيدية Accidia، التي تبرز فوهتها باتجاه السطح السفلي للورقة. يوجد في

قاعدة كل كأس أسيدي صف من الخلايا المتطاولة التي تكون كل منها ذات نواتين احاديتي المجموعة الصبغية، و التي تُعرف بالخلايا المولّدة للأبواغ الأسيدية Accidiospores. تنشأ الأبواغ الأسيدية اعتباراً من هذه الخلايا على هيئة سلاسل، وتتخلل الأبواغ ضمن كل سلسلة خلايا بينية، تُفيد من خلال تحللها لاحقاً في انفصال الأبواغ الناضجة عن بعضها.

تنتقل الأبواغ بواسطة الرياح وتُصيب نبات القمح في بداية موسم النمو، وهكذا يعيد فطر صدأ القمح دورة حياته من جديد.

(١٠,٧,٢) فطر عيش الغراب *Agaricus sp.*

يعيش هذا الفطر مترمماً على الروث والدبال والمواد العضوية المتحللة في التربة، وينتشر بشكل كبير في تربة الغابات، حيث ينتج أجساما ثمرية لحمية تستعمل كغذاء شهي للإنسان، إلا أن بعض أنواعه شديدة السمية. ينشأ الجسم الثمري الصغير (الزر) كانتفاخ صغير من الغزل الفطري، ويكون غالباً مغطى بغشاء رقيق (النقاب) سرعان ما يتمزق حيث يخرج منه جسماً ثمرياً ينمو في الهواء فوق سطح التربة على هيئة مظلة. يتكون الجسم الثمري من عنق Stalk ينتهي بقلنسوة منتفخة تمتد أفقيا. يحمل العنق طوقاً يمثل بقايا النقاب، وتنتظم على السطح السفلي للقلنسوة صفائح خيشومية Gills تبدأ من حافة القلنسوة حتى قبيل موضع اتصالها بالعنق، الشكل رقم (١٠,١١). تحمل الصفائح الخيشومية الحوامل و الأبواغ البازيدية.



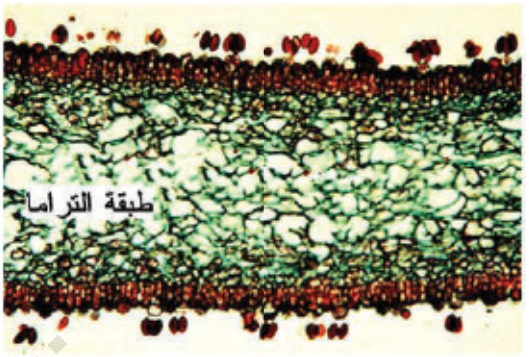
الشكل رقم (١٠,١١). المراحل المختلفة لتطور الجسم الثمري لفطر عيش الغراب *Agaricus sp.*

في القطاع العمودي للصفائح الخيشومية تتضح الطبقات الآتية (الشكل رقم ١٠,١٢):

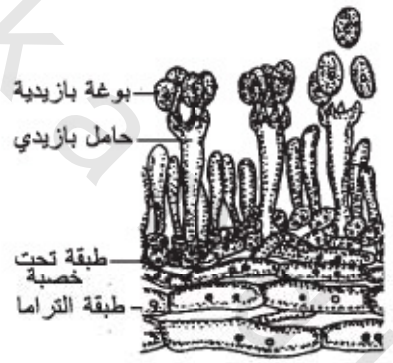
– **التراما Trama**: تقع في وسط الخيشوم وتتكون من خيوط فطرية قليلة التشابك.

– **الطبقة تحت الخصبة Sub-hymenium**: تتكون من خيوط شديدة التشابك.

– **الطبقة الخصبة Hymenium**: تتكون من الحوامل البازيدية Basidia المنتفخة غير المقسمة، التي يحمل كل منها أربعة أبواغ بازيدية على ذنيبات Sterigmata.



(أ)



(ب)

الشكل رقم (١٠,١٢). فطر عيش الغراب.
(أ) صورة لقطاع في أحد الصفائح الخيشومية ، (ب) رسم تخطيطي لجزء من القطاع.

(١٠,٧,٢,١) دورة الحياة

تبدأ دورة الحياة مع إنبات بوغة بازيدية سالبة وأخرى موجبة ، حيث تعطي كل منهما خيطاً فطرياً أولياً Protonema خلاياه أحادية النواة. يمكن للخيطين المتشكلين أن يلتقيا وتحدث عملية التكاثر الجنسي بينهما ، حيث يتحد سيتوبلازم كل منهما بالآخر ثم يتشكل خيط فطري ثانوي مقسم إلى خلايا ثنائية النوى، الشكل رقم (١٠,١٣). تتجمع الخيوط الفطرية ثنائية النوى، و لا تلبث أن تعطي فوق سطح الأرض نتوءاً

صغيراً كروي الشكل، يبدأ بالنمو والتمايز ليشكل جسماً ثمريا بازيدياً Basidiocarp، تحتوي كل خلية من خلاياه على نواتين منفصلتين. يبرز من جانبي الصفائح الخيشومية مجموعة من الحوامل البازيدية التي يتألف كل منها من خلية واحدة ثنائية النوى، ثم لا تلبث النواتان المنفصلتان أن تتحدا في خلية الحامل البازيدي الفتي لتنشأ نواة مزدوجة، لا تلبث أن تنقسم انقسامين متتاليين أحدهما اختزالي لتشكل أربع نويات وبالتالي أربعة أبواغ بازيدية محمولة على ذنيبات قصيرة اثنتان منهما موجبتان (+) واثنتان سالبتان (−). تسقط الأبواغ عند نضجها من الجسم الثمري على الأرض وعند توفر الظروف البيئية الملائمة فإنها تُنبت لتعطي كل بوغة خيطاً فطرياً أولياً Protonema، وهكذا تتكرر دورة الحياة من جديد.

(١٠,٨) الفطريات الناقصة Deuteromycetes

تنتشر هذه الفطريات بشكل واسع في الطبيعة، حيث تعيش مترممة في التربة أو متكافلة أو متطفلة على الإنسان والنبات والحيوان. تضم هذه الطائفة حوالي ١٥ ألف جنسٍ، تحتوي على ما يزيد عن ٢٠ ألف نوعٍ.

لا تتكاثر الفطريات الناقصة جنسياً، وإنما تتكاثر لاجنسياً وذلك بطريقتين:

١- بتشكيل كونيدات Conidia (أبواغ كونيدية) محمولة على حوامل خاصة.

٢- عن طريق تقطع الغزل الفطري إلى أجزاء يعطي كل منها فطراً جديداً.

لا تشكل هذه الفطريات - كما هو معلوم حتى الآن - خلايا جنسية مذكرة أو مؤنثة ومن ثم لا تتكاثر جنسياً، كما لا تشكل أبواغاً زقية أو بازيدية. وطالما لم يتم التعرف حتى الآن إلى التكاثر الجنسي وتشكيل الطور الكامل (البيضة الملقحة) عند هذه الفطريات لذلك توصف بأنها فطريات ناقصة.

الشكل رقم (١٠,١٣). دورة حياة فطر عيش الغراب *Agaricus sp.*

يستند تصنيف الفطريات ضمن هذه المجموعة على تركيب ولون وشكل خلايا التكاثر اللاجنسي (الأوعية البكنية Pycnidia) وكذلك على شكل الحوامل الكونيدية. ولكن لا يعتبر هذا التصنيف دقيقاً، حيث أنه لا يستند إلى صلات القربى بين أنواع هذه الفطريات، بل هو باختصار تصنيف صناعي مؤقت يمثل عملية تجميع لأنواع

فطرية متنوعة يغيب لديها التكاثر الجنسي، ويصعب وضعها ضمن إحدى الطوائف الفطرية المعروفة، لذلك توضع ضمن هذه الطائفة ريثما يتم البت تماماً بوضعها التصنيفي، (الرحمة، ١٩٩٨م).

تسبب العديد من أجناس الفطريات الناقصة أمراضاً خطيرة للنبات مثل فطر الترناريا *Alternaria* وفطر فيوزاريوم *Fusarium* وفطر فيرتيسليوم *Verticilium*، ومنها ما يسبب أمراضاً جلدية خطيرة للإنسان كالفطر تريشوفيتون *Trichophyton* والفطر كانديدا *Candida*.

من جهة أخرى تلعب الفطريات الناقصة شأنها في ذلك شأن بقية الفطريات دوراً هاماً في تحليل البقايا النباتية والحيوانية. بالإضافة إلى أن بعض أنواع هذه الفطريات تقوم بإفراز أنزيمات ذات أهمية صناعية تفيد في تحليل المنتجات النفطية والمواد العضوية الصناعية.كما أنه من الجدير بالذكر أن بعض أجناس الفطريات الناقصة كالفطر داكتيليلا *Dactylella* يُستفاد منها في المكافحة الحيوية حيث تقضي على ديدان النيماتودا Nimatodes الموجودة في التربة، والتي تصيب جذور النباتات الحقلية. يكون الفطر مزوداً بتحورات حلقية أو زوائد لزجة تلتصق بها الديدان الموجودة في التربة، ثم يقوم الغزل الفطري بإرسال ممصات داخل جسم الدودة، يمتص من خلالها محتويات الدودة ويتغذى عليها.

(١٠,٨,١) فطر الفيوزاريوم *Fusarium sp.*

تعيش بعض أنواع هذا الفطر حياة رمية بينما يعيش بعضها الآخر حياة طفيلية. تسبب بعض أنواع هذا الفطر كالنوع *Fusarium solani* أمراضاً جلدية خطيرة للإنسان. وتسبب الكثير من أنواعه المتطفلة خسائر كبيرة في المحاصيل الحقلية، حيث يصيب نباتات مختلفة من العائلة الباذنجانية كالطماطم والبطاطس والفلفل إضافة إلى نباتات

أخرى كالقطن والفاصولياء والقمح مسبباً ذبولاً للنبات يعرف باسم الذبول الفيوزاريومي Fusarium wilting، الشكل رقم (١٠,١٤). تبدأ الإصابة بهذا الفطر بعد إنبات أحد أبواغه في التربة، حيث يتشكل غزل فطري أولي، لا يلبث أن يخترق نسج الجذر إما اختراقاً مباشراً في منطقة القمة النامية ، أو عن طريق أحد الجروح في الجذر، فينتقل بعد ذلك عبر الأوعية الخشبية إلى الأقسام العليا من النبات (السراني وآخرون، ٢٠٠٢م)، ويؤدي إلى مرض النبات بإحدى طريقتين :

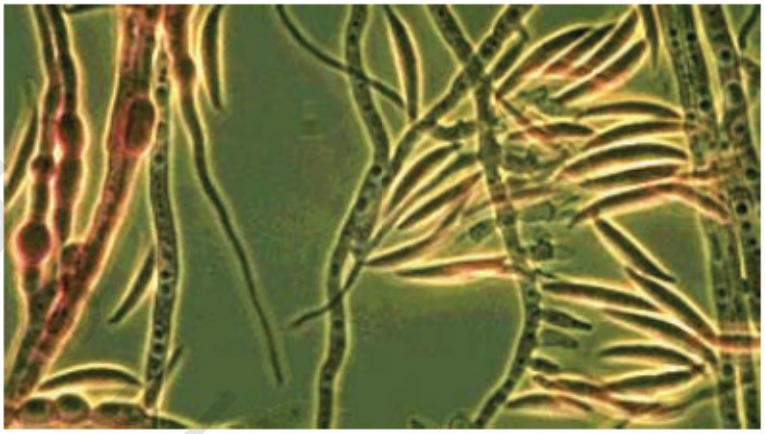
١- يتكاثر الفطر لاجنسياً بشكل غزير داخل الأوعية الخشبية مؤدياً إلى انسدادها وعدم وصول الماء والأملاح المعدنية الممتصة من التربة إلى الأقسام الهوائية، مما يقود إلى ذبول النبات وموته.

٢- يفرز الفطر مادة حَمضية سامة (حَمض الفيوزاريك Fusaric acid) تؤدي إلى موت الأنسجة واصفرار وذبول الأوراق.

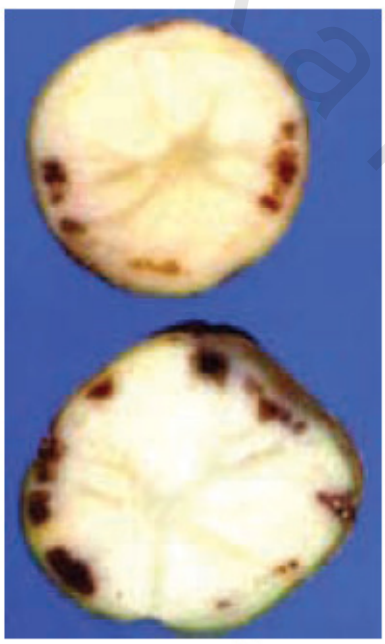
يشكل فطر الفيوزاريوم خلال التكاثر اللاجنسي نوعين من الأبواغ:

أ ــ أبواغ كلاميدية Clamydospores: تبدو هذه الأبواغ كروية ذات جدر سميكة أحادية أو ثنائية الخلايا، وتتشكل اعتباراً من الغزل الفطري مباشرة إما في وسطه أو في أطرافه وذلك نتيجة لانتفاخ وتحوصل إحدى الخلايا الهيفية. تقوم الأبواغ الكلاميدية عند إنباتها بإنتاج غزل فطري أولي يخترق أنسجة الجذر وصولاً إلى الأوعية الخشبية، الشكل رقم (١٠,١٥ أ و ب).

ب ــ أبواغ كونيدية Conidospores: وهي أكثر أنواع الأبواغ الفطرية انتشاراً وتتشكل على حوامل كونيدية، يكون بعضها صغيراً كروياً أو بيضاوي الشكل، وبعضها الآخر يكون كبيراً بيضاوي أو هلالي الشكل مقسماً بشكل عرضاني (٣ - ٦ حواجز) ، الشكل (١٠,١٥ ج و د).



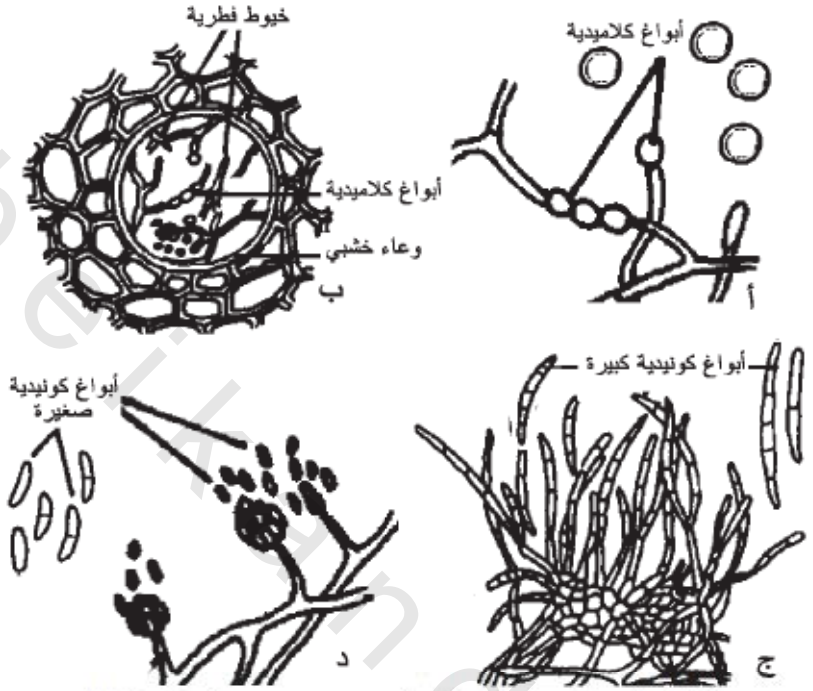
(أ)



(ج)

(ب)

الشكل رقم (١٠,١٤): فطر الفيوزاريوم *Fusariums sp.* وبعض الأمراض التي يسببها.
(أ) صورة مجهرية للفطر تبين الأبواغ الكونيدية (هلالية الشكل) والكلاميدية (كروية الشكل)
(ب) مرض الذبول الفيوزاريومي في البندورة، (ج) مرض الندوة الفيوزاريومية في البطاطا.



الشكل رقم (١٠,١٥). فطر الفيوزاريوم *Fusarium* (عن الرحمة، ١٩٩٨م).
(أ)، و(ب) أبواغ كلاميدية مكبرة وأخرى ضمن وعاء خشبي ،
(ج)، و(د) أبواغ كونيدية كبيرة وصغيرة على حوامل كونيدية.

(١٠,٩) الأشـــــنات Lichens

تنمو الأشنات في بيئات مختلفة، فهي توجد في المناطق الحارة، حيث تكون متحملة للجرارة وملتصقة على الصخور أو على التربة بين الصخور ، وكذلك في الأماكن المشبعة بالرطوبة كما هو الحال في جبال السروات في المنطقة الجنوبية الغربية للمملكة العربية السعودية، وفي مناطق الغابات الباردة عالقة على أوراق الأشجار أو قلفها، وينمو كثير منها في بقاع ترابية أو صخرية جرداء، حيث تنمو مثلاً الأشنة كلادونيا رانجيفيرا *Cladonia rangifera* في سهوب التندرا الواسعة عديمة الكساء الخضري. تأخذ الأشنات ألواناً مختلفة كالأسود والأخضر والفضي والبرتقالي

والأصفر، وفي معظم الأحيان يختص كل نوع منها بوسط خاص ينمو عليه. تعتبر الأشنات من الناحية البيئية النباتات الأولى التي تستطيع أن تستعمر البيئات الصخرية، مؤدية إلى تفكيك الصخور، وتحويلها إلى تربة صالحة لنمو الأنواع النباتية المختلفة.

(١٠,٩,١) التغذية

لا تشكل الأشنات مجموعة تصنيفية مستقلة، لأنها تتكون أصلاً نتيجة ارتباط واتحاد نباتين منفصلين تصنيفياً هما فطر وطحلب يعيشان معاً معيشة تكافلية. يقوم الطحلب بعملية البناء الضوئي، ويؤمن الغذاء العضوي لنفسه وللفطر المتعايش معه، بينما يحمي الفطر شريكه الطحلب من الجفاف، ويقدم له الماء وبعض الأملاح المعدنية التي يحصل عليها من البيئة الخارجية، حيث يكون الغزل الفطري هلامياً في كثير من الحالات، الأمر الذي يمكنه من امتصاص الماء والاحتفاظ به.

تنتمي الطحالب المشاركة في هذه العلاقة التكافلية إلى الطحالب الخضراء كالأجناس تريبوكسيا *Trebouxia* وترينتبوليا *Trentepohlia* وسيستوكوكس *Cystococcus*، أو إلى البكتيريا الزرقاء كأجناس النوستوك *Nostoc* و السيتونيما *Scytonema*، كما أن هناك أنواعاً من الأشنات يمكن أن تحتوي كلاً من الطحالب الخضراء والبكتيريا الزرقاء. أما الفطريات فهي من الفطريات الزقية بالدرجة الأولى ونادراً من الفطريات البازيدية، ويقدر عدد الأنواع الفطرية التي يمكن أن تشترك في هذه العلاقة التكافلية بنحو ١٣٥٠٠ نوع، (ريفن وآخرون، ٢٠٠٢م).

(١٠,٩,٢) أنماط الأشنات

هناك أنماط مختلفة من الأشنات (الشكل رقم ١٠,١٦) وذلك بحسب مظهرها الخارجي:

١- أشنات خيطية Filamentose lichens: تبدو هذه الأشنات على هيئة خيوط متشابكة مدلاة من أماكن التصاقها بأغصان الأشجار أو جذوعها، وتنتشر بشكل كبير

على أشجار جبال المناطق الغربية الجنوبية للمملكة العربية السعودية. من أجناس هذه الأشنات نذكر الأشنة يوسنيا *Usnea*، والأشنة أفيب *Ephebe*.

يعتبر الطحلب عند هذه الأشنات هو المسؤول عن تحديد شكلها عام، حيث يكون خيطي الشكل من البكتيريا الزرقاء ويلتف الغزل الفطري على خيوط الطحلب.

٢- أشنات قشرية Crustose lichens: تنمو هذه الأشنات ببطء شديد على أسطح الصخور وجذوع الأشجار على هيئة قشور ملتصقة من جهة سطحها السفلي إلى وسط النمو، ومنها الجنسين ليسيديا *Lecidea* و ريزوكاربون *Rhizocarpon*.

٣- أشنات ورقية Foliose lichens: تبدو الأشنة على هيئة ورقة مفصصة أو مجموعة أوراق متلاصقة ذات حواف حرة، تتصل مع وسط النمو اتصالاً غير وثيق بواسطة أشباه جذور، ومنها الجنس بارميليا *Parmelia* والجنس سترايا *Cetraria*.

٤- أشنات شجرية Fruticose lichens: تبدو الأشنة على هيئة تفرعات شجرية ذات فروع أسطوانية، وتكون متدلية أو منتصبة تتصل بوسط النمو بواسطة قاعدة تثبيت، ومنها الجنس كلادونيا *Cladonia* والجنس ستريكولون *Sterecaulon*.

(١٠,٩,٣)التركيب التشريحي

يشكل الطحلب معظم جسم الأشنة، وفي مقطع عرضي يمكن ملاحظة الطبقات التالية، الشكل (١٠,٧أ):

القشرة العليا: وهي عبارة عن مجموعة من الخيوط الفطرية المتشابكة والكثيفة.

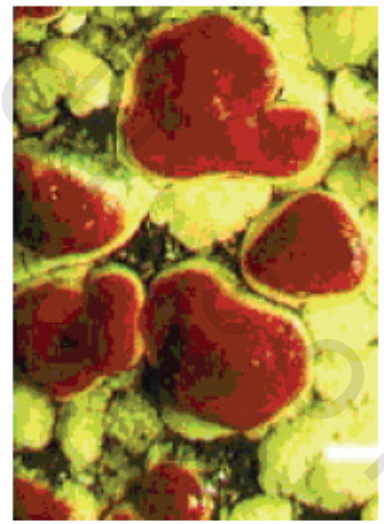
الطبقة الجونيدية Gonidial layer: وهي الطبقة التي تلي القشرة العليا، وتمثل مجموعة من الخلايا الطحلبية المتزاحمة التي يقل وجود الخيوط الفطرية فيما بينها.

النخاع: وهو يمثل معظم مقطع جسم الأشنة، ويتألف من مجموعة من الخيوط الفطرية المفككة والمبعثرة، التي يقل وجود الخلايا الطحلبية فيما بينها.

obeikandl.com

(أ)

(ب)



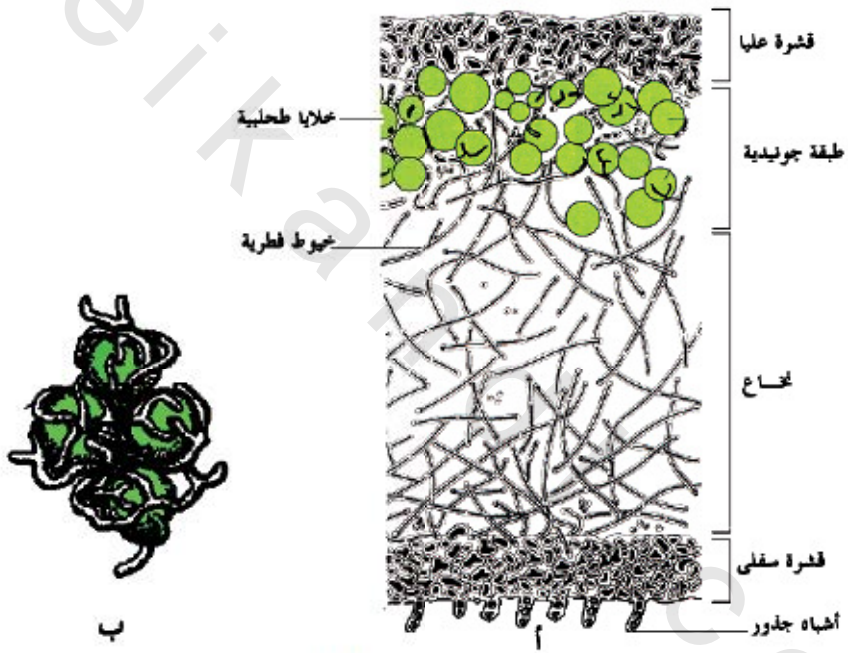
(ج)

(د)

الشكل رقم (١٠,١٦). بعض أشكال الأشـــنات.

(أ) أشنة خيطية، (ب)أشنة ورقية، (ج) أشنة قشرية، (د) أشنة شجيرية (كلادونيا).

القشرة السفلى: وهي تشبه القشرة العليا، حيث تتكون من مجموعة من الخيوط الفطرية المتشابكة والكثيفة عديمة الفراغات البينية، إلا أنها تعطي إلى الأسفل مجموعة من أشباه الجذور التي تعمل على تثبيت الأشنة وامتصاص الماء والأملاح المعدنية من الوسط.



الشكل رقم (١٠,١٧). بنية الأشنات.
(أ) مقطع عرضي في الأشنة. (ب) سوريدة لإحدى الأشنات.

(١٠,٩,٤) التكاثر

تتكاثر الطحالب المساهمة في تشكيل الأشنة دوماً بشكل لاجنسي، ويلاحظ أن الخلايا الطحلبية تكون هنا أكبر من نظيراتها التي تعيش بشكل مستقل، وربما يعزى ذلك إلى إعاقة انقسام الخلايا الطحلبية بسبب حالة التعايش ضمن الأشنة.

أما الفطريات المساهمة في تشكيل الأشنة فإنها تستطيع تشكيل أجسام ثمرية طبيعية.

يمكن الإشارة بشكل عام إلى أن الأشنات غير قادرة إطلاقاً على التكاثر جنسياً (بغدادي، ١٩٧٤م)، لذا فهي تتكاثر لا جنسياً بإحدى الطرق التالية:

١- **التجزؤ**: يمكن أن تنفصل بعض الأجزاء من الأشنة الأصلية وخاصة بعد أن تصبح جافة هشة، حيث تتطاير الأجزاء بفعل الرياح، ثم لا تلبث أن تنمو إلى أشنة جديدة بعد أن تقع على وسط مناسب للنمو.

٢- **تكوين السوريدات Soredia**: تتكاثر معظم الأنماط الأشنية الشجرية عن طريق تشكيل السوريدات. وتمثل السوريدات أجزاء تكاثرية قابلة للانفصال عن جسم الأشنة، حيث تتكون كل سوريدة من عدد قليل من الخلايا الطحلبية محاطة بخيوط فطرية، الشكل رقم(١٠,١٧ ب). تتطاير السوريدات بعد انفصالها عن الأشنة مع الريح، ثم لا تلبث كل سوريدة أن تُنبت مع توفر الظروف الملائمة لتعطي أشنة جديدة.

٣- **تكوين الإيزيدات Isidia**: يمكن أن تنمو بعض الخلايا اعتباراً من السطح العلوي لجسم الأشنة مكونة بروزات، أو ما يُسمى إيزيديا نحو الأعلى. يمكن لهذه الإيزيدات أن تنفصل عن جسم الأشنة، ثم تُنبت مع توفر الظروف الملائمة لتعطي أشنات جديدة، (Fletcher and Gray ١٩٨٧).

٤- **الأبواغ الفطرية**: يمكن للأبواغ الناجمة عن الفطر المشارك في تكوين الأشنة أن تنفصل عن الأشنة ثم تُنبت عند وقوعها على طحلب مناسب جديد ليشترك الاثنان في تكوين أشنة جديدة. لقد أصبح بالإمكان استخدام هذه الطريقة مخبرياً في استزراع الأشنات.

(١٠,٩,٥) الأهمية الاقتصادية والبيئية للأشنات

١- تنمو الأشنات في كل مكان تقريباً، إلا أن انتشارها يكون قليلاً أو معدوماً على الصخور والترب في المدن وذلك بسبب تأثرها السلبي الكبير بدخان المصانع وعوادم السيارات، لذلك فهي تستخدم كثيراً كمؤشر بيئي حيوي على سلامة ونقاوة الهواء.

٢- تساهم الأشنات في تحويل الأراضي الصخرية إلى ترب صالحة للزراعة وذلك عن طريق إفرازها لأحماض قوية تعمل على تفتيت الصخور، ومن ثم يتم تزويد هذه التربة الجديدة بالمواد العضوية الناجمة عن تحلل وموت الأشنات ذاتها ممهدة الفرصة لنمو غيرها من النباتات الأكثر رقياً، وفقاً لظاهرة التعاقب البيولوجي Biological succession.

٣- تستخدم بعض الأشنات كغذاء للإنسان كالأشنة ليكنورا *Lecnora esculenta* التي تعرف باسم أشنة المن والتي يُعتقد أنها كانت الغذاء الرئيس لليهود أثناء عبورهم لسيناء عن طريق مزجها مع السكر والطحين. كما تعتبر بعض الأشنات مصدراً غذائياً هاماً لبعض الحيوانات كحيوانات الرنة القطبية التي تعتمد في غذائها على أشنة كلادونيا *Cladonia*.

٤- يستخرج من العديد من الأشنات مضادات حيوية ذات تأثير قاتل على الميكروبات، كما تستخدم الأشنة ستراريا *Cetraria islandica* التي تنتشر في سهول التندرا القطبية كنبات طبي يفيد في معالجة حالات الرشح والالتهابات التنفسية.

٥- تحتوي بعض أجناس الأشنات كأشنة روكلا *Roccella* مواد ملونة تُفيد في تحضير الأصباغ المختلفة، ويستخدم نوع الأشنة إفرنيا *Evernia prunastri* في صناعة

العطور، كما يستخدم سكان جبال الألب الأشنة ليزاريا *Letharia vulpina* منذ زمن بعيد في استخراج وتحضير المواد السامة للقضاء على الذئاب، (Pelczar, ١٩٩٣).

obeikandl.com