الفصل الخامس عشر

الفطريات
THE FUNGI

الفطريات fungi هي نوع من الأحياء الدقيقة حقيقية النواة التي لا تقوم بعملية التمثيل الضوئي لعدم احتوائها على الكلوروفيل. وقد اشتق اسمها من أشهر أفرادها وهو فطر عيش الغراب mushroom ويعني باليونانية mykes وباللاتينية fungas. وهذه المجموعة من الأحياء الدقيقة تتشارك مع النباتات في وجود الجدار الخلوي cell wall، ووجود فجوات vacuoles داخل الخلايا مملوءة بالسائل، وكذلك حدوث انسياب سيتوبلازمي cytoplasmic streaming للسيتوبلازم يمكن مشاهدته تحت المجهر، علاوة على أنه ينقصها الحركة. ويسمى العلم من الأحياء الدقيقة الذي يعني بدراسة هذه الكائنات علم الفطريات Mycology. وللفطريات تاريخ وأحداث من أهمها الأمراض الفطرية التي أصابت محصول البطاطس الرئيس في ايرلندا عام ١٨٤٥م و١٨٤٧م التي أدت إلى مجاعة كارثية دفعت بالإيرلنديين بالهجرة للولايات المتحدة الأمريكية فراراً من الجوع والموت.

الخواص العامة للفطريات
General Properties of Fungi

الفطريات (مفردها فطر fungus) مجموعة متباينة من الأحياء الدقيقة حقيقية النواة تضم أكثر من ٨٠٠٠٠ نوع وتتميز بما يلي:

١- كائنات حقيقية النواة لا تقوم بعملية التمثيل الضوئي لأنها خالية من الكلوروفيل.

٢- تحصل على غذائها بامتصاصه من الوسط نتيجة لكونها مترممة saprophytic أو متطفلة parasitic أو حتى من كائنات متعايشة symbiotic.

٣- خلوها من صبغات التمثيل الضوئي فهي تتغذي بطريقة كيموعضوية chemo-organotrophs.

٤- تحتوي على جدر خلوية وفجوات عصارية وهي غير متحركة.

٥- كائنات هوائية aerobic وتحصل على الطاقة اللازمة لها بأكسدة المواد العضوية.

٦- مقارنة بالنباتات فهي ثالوسية thalloid أي لا تحتوي على جذور أو سيقان أو أوراق وأنها ذات تمايز شكلي محدود جداً.

٧- تتكون معظم أفرادها من خيوط عديدة الخلايا multicellar — فيما عدا قلة مثل الخمائر yeasts التي تكون وحيدة الخلية unicellular.

٨- الجسم الخضري عبارة عن ثالوس thallus يتكون من خيوط قطرها ٥ ميكروميترات، والتي تتكاثر بشكل متفرق ومنتشر فوق الوسط الغذائي. وتسمى هذه الخيوط الفطرية هيفات hyphae (مفردها هيفا hypha). والهيفات عديدة الخلايا يفصلها في معظم الأحيان جدر عرضية septa. وهيفات الفطر تتشابك معاً لتكون ما يسمى بالغَزْل الفطري mycelium (الشكلان رقما ١٣٤، ١٣٥). وفي بعض أنواع الفطريات تكون الهيفات بدون جدر عرضية أي مايسمى مدمجاً خلوياً coenocyte.

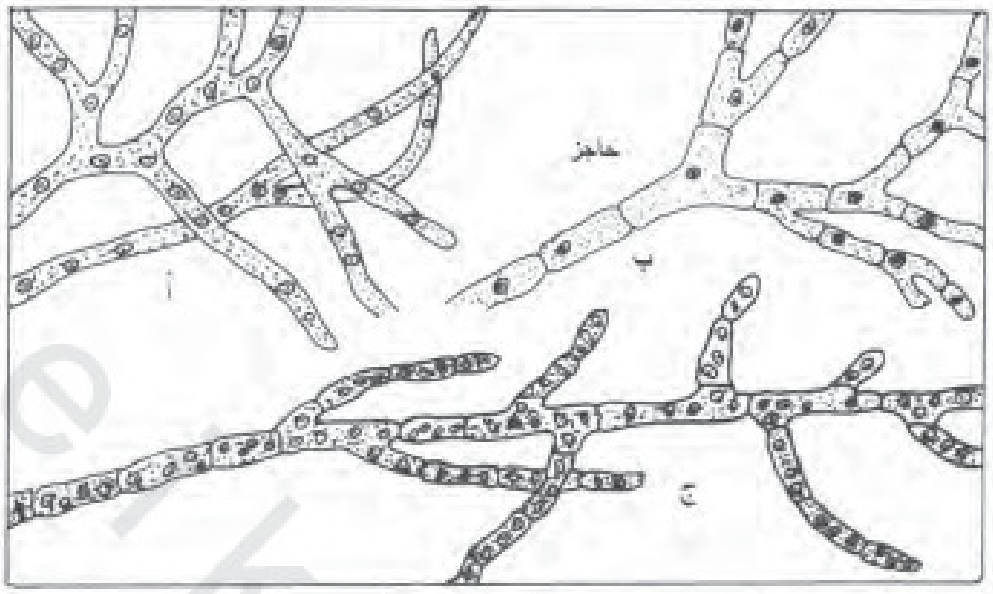
٩- تحتوي جدر الفطريات على مادة الكايتين chitin وهي مركب كربوهيدراتي معقد مكوّن من بوليمر من أسيتيل جلوكوز أمين.

١٠- في بعض الأحيان، وفي أطوار معينة، غالباً في الفترة الانتقالية بين التكاثر اللاجنسي والجنسي، يتجمع الغَزْل الفطري (الميسيليوم) فيما يشبه التكتلات شبه النسيجية tissuelike aggregates أو ما يسمى بليكتنكايما plectenchyma. البليكتينكايما المثالي هو الجسم الثمري اللحمي لفطر عيش الغراب.

١١- تنمو الفطريات نمواً قمياً باستطالة هيفاتها. وفي معظم الفطريات فإن كل جزء من الغزل الفطري يكون له القدرة على النمو الاستطالي، حيث إن قطعة صغيرة من الغزل الفطري (الميسيليوم) تكون كافية للحقن لإنتاج ثالوس جديد.

١٢- التكاثر Reproduction: تتميز الفطريات بوجود أشكال وآليات مختلفة للتكاثر والتي تكون عادة متباينة جداً بحيث إنها تستخدم كأساس في تقسيم الفطريات. ويوجد نوعان من التكاثر هما:

الشكل رقم (١٣٤). فطر مثالي: صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح للفطر كلادوسبوريام كلادوسبوريودز *Cladosporium cladosporoides* بين صفات الغزل الفطري والجراثيم اللاجنسية.



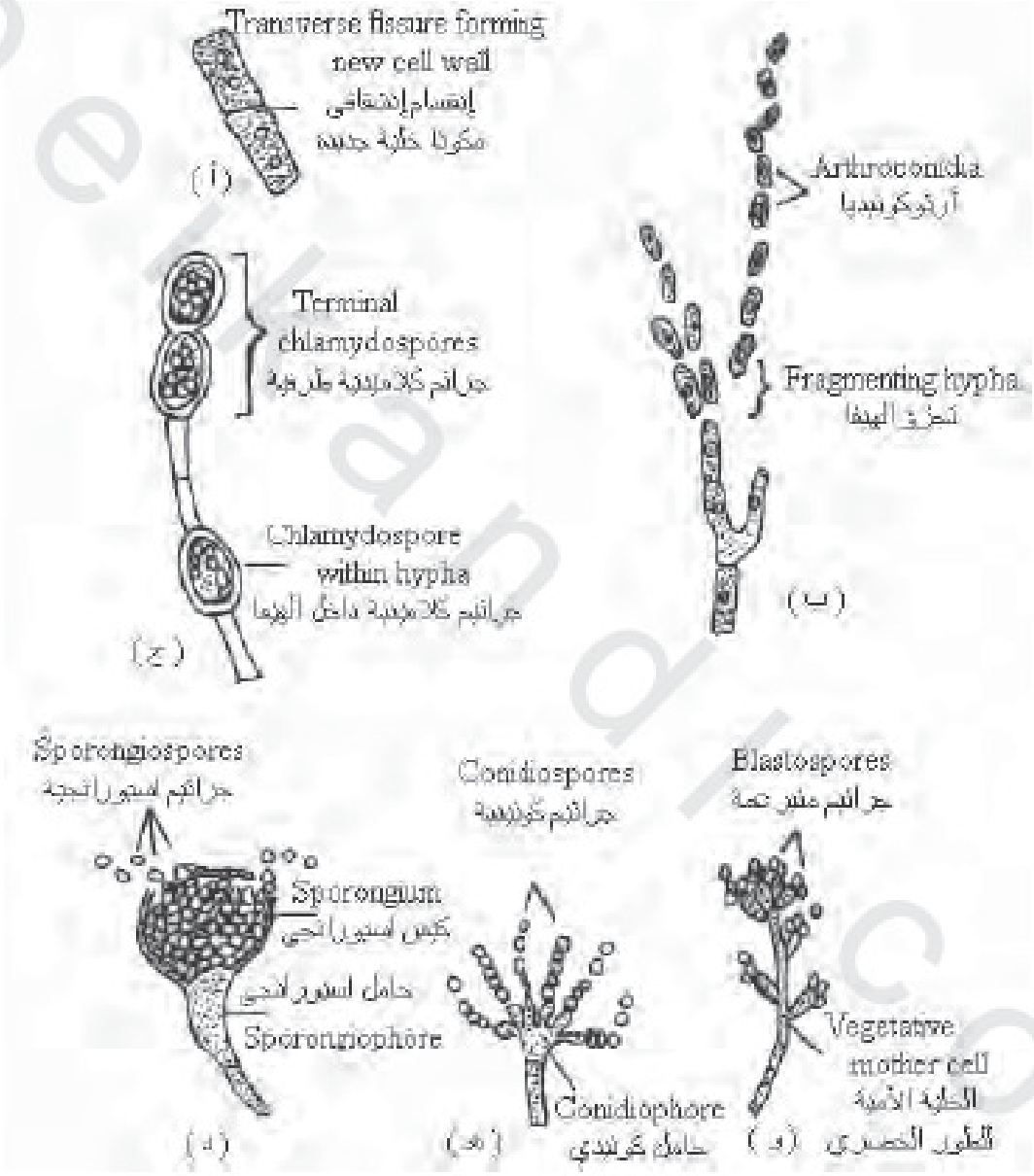
الشكل رقم (١٣٥). الهيفات hyphae (الخيوط) الفطرية والغزل الفطري mycelium (أ) غير مقسمة؛ (ب) مقسمة وحيدة النواة؛ (ج) مقسمة متعددة الأنوية (عن: الرحة ١٩٩٨ الطبعة الثالثة).

١- التكاثر اللاجنسي Asexual Reproduction

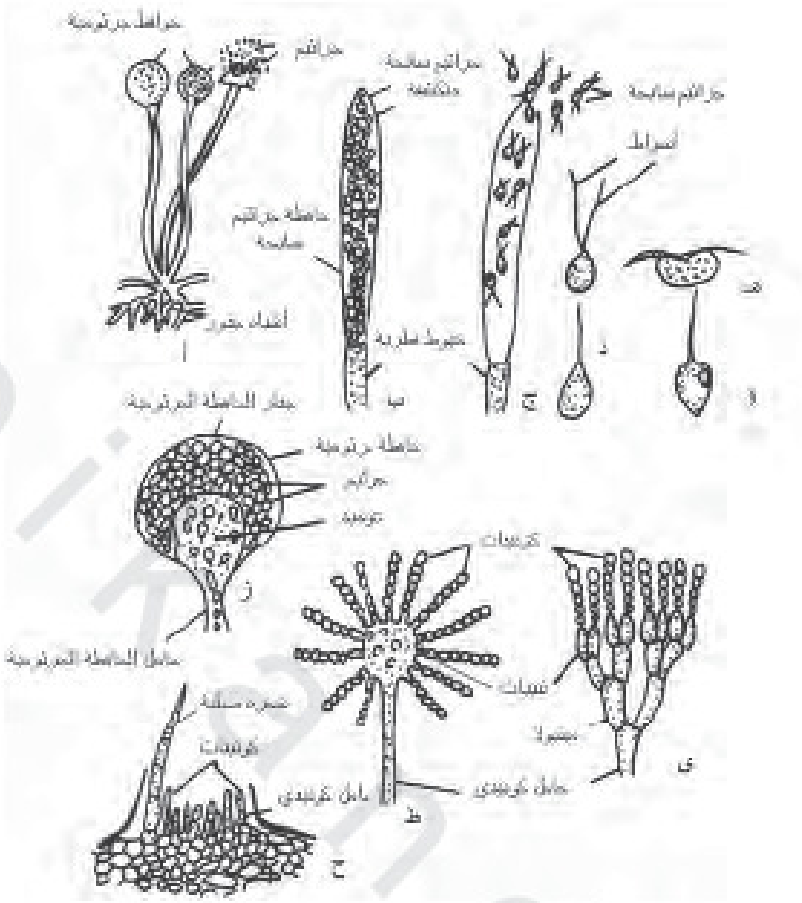
يحدث أغلب التكاثر اللاجنسي في الفطريات بالتبرعم budding وبالتفتيت fragmentation وعن طريق تكوين جراثيم (أبواغ) spores. ويعد تكوين الجراثيم الطريقة الأكثر انتشاراً وهي طريقة عالية التمايز؛ وتتبرعم الجراثيم الكونيدية conidiospores من قمم الهيفات كما في أسبرجيللاس *Aspergillus* وبنيسيليام *Penicillium*. وعندما تتكون هذه الجراثيم داخل حوافظ جرثومية sporangia (receptacles)، فإنها تسمى الجراثيم الحافظية sporangiospores؛ مثل ميكور *Mucor* وعفن الخبز (رايزوباس *Rhizopus*). أما في الفطريات الدنيا lower fungi، فإن الحوافظ الجرثومية تكون بداخلها جراثيم سابحة zoospores متحركة motile بواسطة الأسواط .

ومن ناحية أخرى فإن التكاثر اللاجنسي في الخمائر (الفطريات المتبرعمة) يكون عن طريق التبرعم. كما يمكن أن يحدث التكاثر اللاجنسي في بعض الفطريات عن طريق تفتيت الهيفا إلى خلايا مفردة تسمى أوإيديا Oidia أو الجراثيم المفصلية arthrospores كما في فطر اللبن المسمى إندومايسيزلاكتيز *Endomyces lactis*. وفي بعض الفطريات تحاط هذه الجراثيم المفصلية سواءً أكانت طرفية أم بينية intercalary، بجدارٍ سميك ومن ثم يطلق عليها اسم الجراثيم الكلاميدية chlamydospores. وأخيراً فإن بعض الخمائر تتكاثر بالانشطار الثنائي binary fission بطريقة مشابهة للبكتيريا كما في جنس شيزوساكارومايسيز *Schizosaccharomyces*. وفي بعض أنواع الفطريات الحقيقية الزقية تتجمع الهيفات لتكوين جسم صلب يحاط بجدار سميك يسمى الجسم الحجري sclerotium

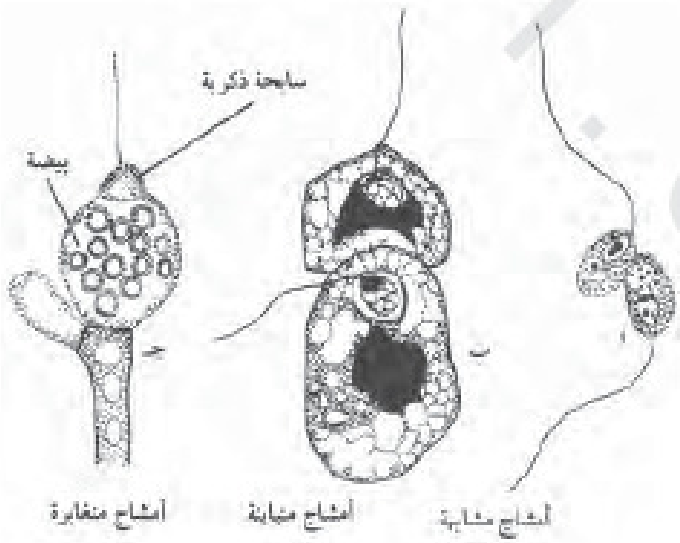
(سكليروشيايم)، وهو عبارة عن تكوين كامن مستريح يمكّن الفطر من تحمل الظروف غير الملائمة إلى أن تتهيأ الظروف مرة أخرى فتنبت الإسكلروشيا sclerotia مثل فطر كلافيسيبس بيربوريا *Claviceps purpurea* (انظر الأشكال أرقام ١٣٦، ١٣٧، ١٣٨).



الشكل رقم (١٣٦). بعض أنواع الجراثيم اللاجنسية في الفطريات (عن: Prescott, *et al.*, 1999 ونقلاً عن الطرابلسي).



الشكل رقم (١٣٧). بعض أنواع الجراثيم الكونيدية في: (أ) فطر أسبرجيللاس (عن: McKane & Kandle, 1995).



الشكل رقم (١٣٨). أشكال مختلفة للجراثيم الجنسية (عن أساسيات علم الفطريات – الرحمة، الطبعة الثالثة ١٩٩٨).

٢– التكاثر الجنسي Sexual Reproduction

يتضمن التكاثر الجنسي، مثلما هو الحال في حقيقيات النواة، الاتحاد union أو التزاوج conjugation بين نواتين nuclei (أو مشيجين gametes). وفي مختلف الفطريات فإن الاندماج النووي قد يحدث عند فترات مختلفة عقب أول اتصال أبوي. ويمكن أن ينقسم التكاثر الجنسي إلى ثلاثة أطوار، الطور الأول هو الاندماج البلازمي plasmogamy، أي اندماج البروتوبلاستين. ولا يحتاج هذا الازدواج النووي dikaryon أن يندمج مباشرة، ولكن يمكن أن يظل مثابراً في الخالة ثنائية النواة طوال باقي الانقسام الخلوي، بعدئذ تنقسم النواتان تزامنياً (انقساماً تزاوجياً conjugative division). وقد يُحدث اندماج النواتين أحاديتي المجموعة الصبغية haploid مؤخراً (اندماجاً نووياً karyogamy)، والذي يحدث غالباً عقب تكوين جسم ثمري fruiting body. وعقب الاندماج النووي — يحدث الانقسام الاختزالي meiosis للكروموسومات لتصبح أحادية العدد. وقد تحدث هذه الأطوار الثلاث الاندماج البلازمي، والاندماج النووي والانقسام الاختزالي في تتابع مباشر في بعض الفطريات، ولكنها قد تحدث في البعض الآخر في أطوار مختلفة من التكشف.

ويبدأ التكاثر الجنسي في الفطريات الدنيا بتكوين الأمشاج gametes أي الخلايا الجنسية. وعندما تتكون الأمشاج بواسطة خلايا أبوية مذكرة ومؤنثة، والتي لا يمكن تمييزها شكلياً، فإنها تسمى أمشاجاً متشابهة (متماثلة) isogametes. وتتكون الأمشاج، غالباً، داخل خلايا متمايزة شكلياً تسمى حوافظ مشيجية gametangia. وهذه عندما تكون محددة الشكل يطلق على الحوافظ المشيجية المذكرة مصطلح أنثريدات antheridia، والحوافظ المشيجية المؤنثة أووجونات Oogonia. ومن ناحية أخرى، فإنه على ضوء طريقة انتقال الأمشاج وطريقة الاندماج البلازمي فيها فإنه يمكن أن تصنف الفطريات إلى تحت أقسام. ففي الفطريات الدنيا، خاصة المائية، فإن كلا المشيجين يكونان متحركين (وتسمى أمشاجاً متحركة) بلانية planogametes)، وتندمج خارج الحوافظ المشيجية (أي بعد أن تتحرر من الحوافظ المشيجية). وفي الفطريات البيضية oomycetes، فإن المشيج المذكر هو الذي يتحرك فقط. على حين تتميز الفطريات الزيجية zygomycetes باندماج الحوافظ المشيجية gametangiogamy، أي بالاندماج الكلي للحوافظ المشيجية إلى ما يسمى لاقحة المدمج الخلوي coenozygote.

وعندما تنشأ كل من المشيجة المذكرة والمؤنثة من نفس الجسم الخضري (أي ناتج عن جرثومة واحدة)، يسمى هذا الكائن فطراً أحادي الثالوس homothallic (أو مخنث monozoic = hermaphrodite). أما الفطريات متباينة الثالوس heterothallic أو ثنائية التزاوج dizoic، فإن الفطريات إما أن تكون مذكرة وإما أن تكون مؤنثة، بمعنى أنها تحمل فقط إما الأعضاء المذكرة وإما الأعضاء المؤنثة. وفي الفطريات متماثلة (أحادية) الثالوس لا يحدث الإخصاب الذاتي بسبب آلية فسيولوجية تثبيطية، والتي يطلق عليها عدم التوافق incompatibility. ففي فطرة نيوروسبورا

Neurospora، على سبيل المثال، على الرغم من أنها آحادية الثالوس، إلا أنها تحتاج إلى عمل اقتران conjugation بين أفراد من سلالات مختلفة (أي — و +) لكي يتم الإخصاب.

١٣- الفطريات واسعة الانتشار في الطبيعة وفي كل البيئات وتعد روابط مهمة في الدورات البيئية لأنها تهضم بسهولة المواد النباتية والحيوانية ومن ثم فإنها تحرر الكربون والمعادن مرة ثانية في البيئة مما يجعلها متاحة لإعادة التدوير recycling في النباتات.

١٤- للكثير من الفطريات فوائد في التبادل النفعي mutualism التشاركي في أشكال عدة مثل:

أ) تبادل منفعي مع الوقاية: ففي المنطقة الجنوبية الغربية من الجبال الصخرية بولاية كولورادو بأمريكا يوجد نوع من الفطريات يسمى أكريمونيام *Acremonium* الذي يعيش على أنصال أوراق نبات يسمى العشب القوي robust grass (ستيبا رويستا *Stipa robusta*). وينتج هذا الفطر سماً قوياً يمكنه أن ينوم الخيول أو الحيوانات التي تأكله لمدة أسبوع، لهذا يسمى بالعشب النوّام sleepy grass. وبهذا تتم حماية النبات من الرعي ويزدهر عما سواه من الحشائش الأخرى.

ب) الفطريات الجذرية (مايكورهيزا Mycorrhyza): وهي علاقة تشاركية بين بعض أنواع فطريات التربة وجذور نباتات معينة. ومنها تغزو هيفات الفطر جذور النباتات (وأحياناً السيقان). وتأخذ الفطريات الجذرية من النبات الكربوهيدرات وتعطيه المعادن والسوائل. وتوجد الفطريات الجذرية في كثير من النباتات سواء في البحيرات المالحة أو الصحارى أو الغابات الصنوبرية.

ج) الأشنات Lichens: الأشنات عبارة عن معيشة تكافلية بين أنواع من الفطريات الخيطية وأنواع من الطحالب الخضراء أو البكتيريا الزرقاء، وفيها يشارك الفطر بامتصاص المياه والعناصر وصناعة البروتين، ويشارك الطحلب بتكوين المركبات الكربوهيدراتية لأنه يقوم بالتمثيل الضوئي.

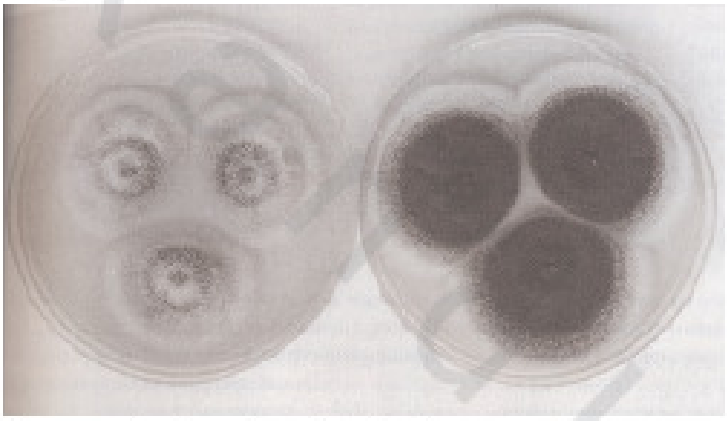
١٥- تنمو معظم الفطريات جيداً عند درجة ٢٥°م وهي درجة تقارب درجة حرارة الغرفة (٧٥ درجة فهرنهيت). إلا أن الفطريات المتطفلة على الإنسان تنمو عند درجة ٣٧°م. ومثل هذه الفطريات تنمو أيضاً عند درجة ٢٥°م في الأوساط الغذائية، ولذلك فإنها تسمى ثنائية الطور biphasic أو ثنائية الشكل dimorphic. فالعديد منها يكون له شكل يشبه الخميرة عند درجة ٣٧°م وله شكل يشبه العفن عند درجة ٢٥°م. كما توجد فطريات تنمو عند درجة حرارة عالية (محبة للحرارة thermophilic) وأخرى تنمو عند درجة حرارة منخفضة مثل درجة حرارة الثلاجة (محبة للبرودة psychrophilic)، علاوة على وسطية درجة الحرارة mesophilic.

١٦- تنمو معظم الفطريات في ظروف حامضية عند رقم هيدروجيني ٥-٦. لهذا قد تشجع التربة الحامضية وجود الفطريات المسببة للأمراض، ولعلاج هذه الحالة يضاف للتربة الحجر الجيري lime لمعادلة التربة، كما تلوث

الأعفان أيضاً الأغذية الحامضية مثل القشطة الرائبة (الحمضية) sour cream والزبادي وثمار المواخ وأغلب الخضروات وعلاوة على ذلك، فإن حامضية الخبز والجبن تشجع النمو الفطري.

١٧- الفطريات كائنات هوائية فيما عدا الخمائر حيث تكون اختيارية التخمر التي تتكاثر في وجود أو غياب الأوكسجين.

١٨- للبيئات الطبيعية والأوساط الغذائية تأثير على نوع ونمو الفطريات. وعادة يكون التركيز العالي من السكر عاملاً مساعداً على النمو، ولهذا السبب تحتوي الأوساط الغذائية المعملية على كميات كبيرة من الجلوكوز في وسط حامضي. ومن أمثلة هذه الأوساط الغذائية بيئة سابورود لآجار الجلوكوز Sabouraud dextrose agar وآجار الجلوكوز واليطاطس potato dextrose agar. كما يجب ملاحظة أن طبيعة وسط النمو قد تؤثر على مظهر نمو الفطر (الشكل رقم ١٣٩) الذي يوضح نمو فطر ميتاريزيام *Metarrhizium*.



الشكل رقم (١٣٩). عفن ميتارهيزيام *Metarrhizium* ينمو على وسطين غذائيين مختلفين ويعطي مظهرين متباينين للنمو (عن: Alcamo, 2001).

١٩- انتشار الفطريات: يوجد أكثر من ١٠٠ ألف نوع من الفطريات تنتشر انتشاراً واسعاً في الطبيعة حيث تتواجد في البيئات التي تتوفر فيها المواد العضوية والتي تتوفر فيها الرطوبة. كما تنتشر في كل المناطق الحارة والرطبة والمعتدلة والباردة. وتكثر في التربة والهواء وقليل منها يعيش في البيئات المائية.

٢٠- للفطريات أهمية اقتصادية فكثير منها يستخدم في الغذاء مثل عيش الغراب والكمأة (الفقع). كما تدخل أنواع عديدة في صناعات الأجبان والألبان ولإنتاج البروتين وحيد الخلية والفيتامينات ومواد صناعية مهمة. وتوجد فطريات تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان والنبات. وتسبب فطريات عديدة مشاكل كالحساسية وفساد الأغذية والأنسجة والأخشاب والجلود وغيرها.

٢١- تقسيم الفطريات Classification of fungi :

توجد نظم كثيرة لتقسيم الفطريات لكنها تعتمد على الخصائص التالية :

١- الخواص الشكلية للخيوط الفطرية أو الخلايا الخضرية.

٢- طبيعة دورة الحياة.

٣- خواص الجراثيم الجنسية والأجسام الثمرية الموجودة أثناء الأطوار الجنسية من دورة حياتها.

٤- وجود أو عدم وجود الأطوار المتحركة في دورة الحياة.

ومع هذا، فإن العديد من الفطريات تنتج جراثيم جنسية وأجساماً ثمرية فقط تحت ظروف بيئية معينة. وتطلق على الفطريات المعروف أطوار تكاثرها الجنسي اسم الفطريات الكاملة perfect fungi، أما تلك التي ليس معروفاً أطوار تكاثرها الجنسي فتسمى الفطريات الناقصة imperfect fungi (Deuteromycetes). وهي في الواقع ليست خاصية تصنيفية إذ بمجرد معرفة تكاثرها الجنسي توضع مع الفطريات الكاملة في مجموعتها التصنيفية.

ويقسم علماء الفطريات mycologists مملكة الفطريات إلى ثلاث مجموعات رئيسة هي : (١) الأعفان المخاطية slime molds ؛ (٢) الفطريات الدنيا السوطية flagellated lower fungi ؛ و(٣) الفطريات الأرضية terrestrial fungi. وبصفة عامة يعتمد علماء الفطريات في التعريف والتصنيف على الاختلافات التركيبية أو الفسيولوجية أو على الأنماط الكيموحيوية للفطريات. ومع هذا، فقد أصبحت تحليلات الحامض النووي الريبوزي منزوع الأوكسيجين (ح ن د = د.ن.أ = DNA) وسيلة مهمة لعمل العلاقات بين مختلف الفطريات.

خصائص أقسام الفطريات

١- مجموعة الأعفان المخاطية Gymnomycota (Slime molds)

تتميز الأعفان المخاطية بكونها مجموعة أحيائية وتصنيفية متميزة لأنها لا تعد فطريات حقيقية كما أنها لا تعد أوليات حقيقية. ومع هذا، فهي تجمع بين بعض الصفات من الفطريات وأخرى من الأوليات. وأثناء أحد أطوار نموها تظهر شبيهة بالأوليات لأنه ينقصها الجدار الخلوي، وتتحرك حركة أميبية كما تبتلع المواد الغذائية الصلبة. كما أنها تكوّن أثناء دورتها التكاثرية أجساماً ثمرية fruiting bodies وحوافظ جرثومية sporangia تحمل جراثيم ذات جدر مثل الفطريات النموذجية. وتقليدياً، يتم تصنيف الفطريات المخاطية (اللزجة) ضمن الفطريات.

وتنقسم الفطريات المخاطية إلى قسمين هما: قسم الأعفان المخاطية اللاخلوية Myxomycetes (acellular slime molds) وقسم الأعفان المخاطية الخلوية Acrasiomycetes (cellular slime molds).

أ) قسم الأعفان المخاطية اللاخلوية myxomycetes (Acellular slime molds)

تتميز الأعفان المخاطية اللاخلوية عن الخلوية بوجود جسم مخاطي لا خلوي يسمى بلازموديام plasmodium، كما أن الأنوية تكون عديدة ومختلطة معاً من دون أن تفصلها أية حواجز إلى خلايا مستقلة. وعلى هذا، توجد

الفطريات اللاخلوية على شكل بلازموديات حقيقية أو بمعنى آخر ككتلة من البروتوبلازم عديدة الأنوية. وكمثل الأنواع الخلوية، فإنها تمر في دورة حياتها خلال طور خضري vegetative أميبي الشكل تتكاثر أثناءه بالابتلاع الخلوي phagocytosis مثل الحيوانات الأولية، أما في طور التجرثم sporulation، فإنها تكوّن تراكيب ثمرية ذات أعناق stalks تشبه الأعناق التي تكونها الفطريات الأخرى. ومع هذا، فإن الفطريات المخاطية اللاخلوية تعد أكثر بدائية في التكاثر الجنسي مقارنة بالمخاطية الخلوية. كما أنها تظهر تبادلاً للأجيال alternation of generations، ففي طور تكون أحادية الكروموسومات (١ن) تتبادل مع طور آخر ثنائي الكروموسومات (٢ن)، وهي خاصية لا توجد بالفطريات المخاطية الخلوية.

وتكون الخلايا أثناء دورة النمو آحادية المجموعة الصبغية ثنائية السوط، وتسمى هذه الخلايا الخلايا السابحة swarm cells التي تغير شكلها بسرعة إلى شكل أميبي يسمى الأميبات المخاطية myxoamoebas. كما يمكن للأميبات المخاطية أن تغير شكلها بسهولة إلى الخلايا السابحة السوطية. ويمكن لكلا نوعي الخلايا أن يتحولا إلى الأنواع التزاوجية mating المناظرة — حيث يمكن أن تندمج خليتين من الأميبات المخاطية أو من الخلايا السابحة معاً لتكوين لاقحة zygote، التي تنقسم تكراراً بالانقسام غير المباشر mitosis لتكون البلازموديام plasmodium.

وعندما تصبح البيئة أكثر جفافاً، فإن البروتوبلازمات البلازموديومية حيث تصبح مركزة حول بعضها عندئذ تنمو منها حوافظ جرثومية معنقة stalked sporangia.

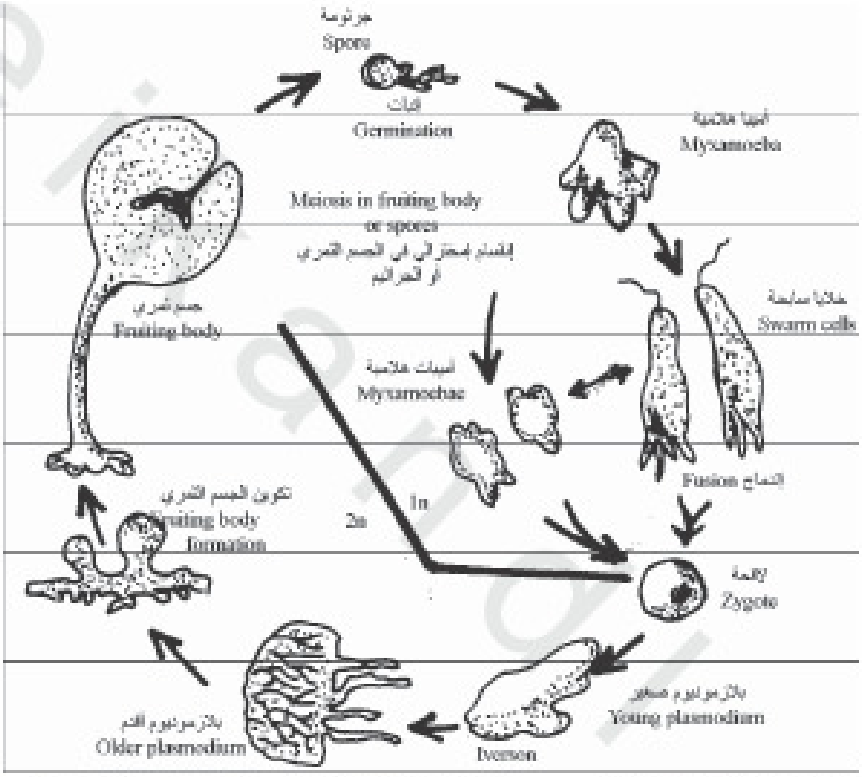
وتتغذي البلازموديومات بابتلاع النباتات المتحللة، ومن ناحية أخرى، تتغذي الخلايا السابحة والمخاطية الأميبية على البكتيريا وامتصاص المغذيات الذائبة. ويعرف من الفطريات المخاطية اللاخلوية نحو ٤٠٠–٥٠٠ نوع، ومن الصفات التي يمكن أن تستخدم للتفريق بين هذه الأنواع : اللون والشكل والحجم والتركيب الثمري أو وجود عنق ووجود حبيبات في أو على الأجسام الثمرية.

ب) قسم الأعفان الخلوية Cellular slime molds

تتكون الأعفان الخلوية أثناء طور النمو (الخضري) من خلايا تشبه الأوليات protozoanlike، أي أنها توجد على شكل أميبي أو خلايا مفردة غير منتظمة الشكل ودائمة التغير. وهي تتحرك وتتغذي تغذية مغايرة heterotrophically بواسطة إمتدادات مؤقتة إصبعية الشكل من أقدام كاذبة false feet = pseudopodia. وتعيش في المياه العذبة والتربة الرطبة والخضروات المتعفنة خاصة على الفروع الخشبية المتساقطة. وتتغذي الخلايا المفردة شبيهة الأوليات على البكتيريا.

وتحت الظروف البيئية غير المناسبة، مثل استنزاف الغذاء، فإنها تتكتل في كتلة مخاطية لتكوّن بلازموديات كاذبة pseudoplasmodia. والبلازموديام plasmodium عبارة عن كتلة بروتوبلازمية عديدة الأنوية محددة بغشاء سيتوبلازمي، من دون أن يكون لها شكل أو حجم محددين. وتطلق على البلازموديات الخاصة بالأعفان المخاطية الخلوية اسم البلازموديات الكاذبة لأن الأميبات التي تتكون منها كل واحد منها يحتفظ بغشائه الخاص.

والبلازموديات الكاذبة عندما يغلفها الغمد المخاطي تصبح تراكيب أنبوبية على شكل الرصاصات slugs حيث يمكنها أن تهاجر وفي النهاية تتحول إلى الأجسام الثمرية fruiting bodies المكوِّنة للجراثيم spore-forming. وتنبت الجراثيم إلى أميبات ثم تكمل دورة حياتها ويبين الشكل رقم (١٤٠) دورة حياة ديكيتوستيليام ديسكويديام *Dictyostelium discoideum*، علاوة على أشكال أخرى تضم هيميتريكيا *Hemitrichia* وستيمو نايتيس *Stemonitis* وفيزارام بوليسيفالام *Physarum polycephalum* وأكريريا دينيولاتا *Acryria denulata*.



الشكل رقم (١٤٠). الكائن في الفطريات المخاطية Myxomycota (a) دورة حياة عفن مخاطي بلازموديومي والأجسام الثمرية في (b) هيميتريكيا *Hemitrichia*، (c) ستيمونايتيس؛ (d) فيزارام *Physarum*؛ و(e) أكريريا دينيولاتا *Arcyria denudata* (عن: Prescott, *et al.*, 1999).

٢- مجموعة الفطريات السوطية الدنيا The Flagellated Lower Fungi

ويضمها قسم الفطريات السوطية Mastigomycota والتي تتفرع منها أربعة أقسام هي:

أ) الفطريات الكيتريدية Chytridiomycetes.

ب) الفطريات الهيفوكيتريدية Hyphochtridiomycetes.

ج) الفطريات البلازموديوفورية Plasmodiophoromycetes.

د) الفطريات البيضية Oomycetes:

وتضم الفطريات السوطية الدنيا كل الفطريات، ماعدا الفطريات المخاطية، والتي تنتج أسواطاً flagella حقيقية من خلاياها عند أحد أطوار حياتها. كما تتميز أيضاً بطريقة التغذية الامتصاصية absorptive مقارنة بالتغذية الابتلاعية phagotrophic التي تتميز بها الفطريات المخاطية. ومعظمها فطريات خيطية تتكون من هيفات مدمج خلوي coenocyte، كما تضم أنواع وحيدة الخلية أو وحيدة الخلية تخرج منها أشباه جذور rhizoids. ويكون التكاثر الجنسي بوسائل مختلفة في كل مجموعة على حين ينتج عن التكاثر الجنسي جراثيم زيجية.

أ) الفطريات الكيتريدية The Chytridiomycetes

من مميزات الفطريات الكيتريدية: ١- إنتاجها لجراثيم متحركة بكل جرثومة سوط واحد على الطرف الخلفي من النوع الضارب whiplash، ٢- متطفلة أو مترممة تعيش في الماء العذب أو في التربة، ٣- تنمو وتتغذي بالهيفات المدمجة خلوياً التي تخترق العائل أو بقايا المواد العضوية الميتة، ٤- تعطي الكيتريدات المتقدمة تراكيب تكاثرية على سطح العائل على حين تخترق الأجزاء الخضرية والغذائية بشكل عميق في أنسجة العائل، ٥- وتتركب جدر الخلايا غالباً من الكيتين كما يحتوي بعضها أيضاً على السيليلوز، ٦- بعضها وحيد الخلية من كتلة ثالوسية thallus كروية وبعض أنواعها ينتج غَزْلاً فطرياً جذرياً rhizomycelium، ٧- تعطي أنواع ثالثة غزلاً فطرياً متفرعاً جيد التكشف، ٨- للعديد منها دورة حياة معقدة مع وجود مسارات بديلة عديدة، ٩- بعضها يتطفل على فطريات أخرى وطحالب ونباتات، ومنها ما يسبب أمراضاً في النبات مثل أولبيديام براسيكي *Olpidium brassicae* الذي يصيب جذور نباتات الكرنب.

ب) الفطريات الهيفوكيتريدية The Hyphochytridiomycetes

وهي تشبة الكيتريدات ، لكنها تتميز بما يلي: ١- تعيش في الماء أو التربة مترممة أو متطفلة، ٢- تختلف عن الكيتريدات في كونها متحركة بسوط أمامي ريشي unteriorely tinsel flagellum، ٣- تنتج جراثيم سابحة zoospores التي تخرج من أنابيب تفريغ discharge tubes من حوافظ الجراثيم السابحة zoosporangia، وتسبح الجراثيم السابحة نحو العائل أو الغذاء، ٤- كل جرثومة سابحة تتكشف إلى ثالوس، ٥- جميعها تتكاثر فقط لا جنسياً ولا يوجد لها حتى الآن أي تكاثر جنسي.

ج) الفطريات البيضية The omycetes

تتميز الفطريات البيضية بالصفات التالية:

١- عادة خيطية تتكون من غزل فطري مدمج خلوي coenocytic mycelium.

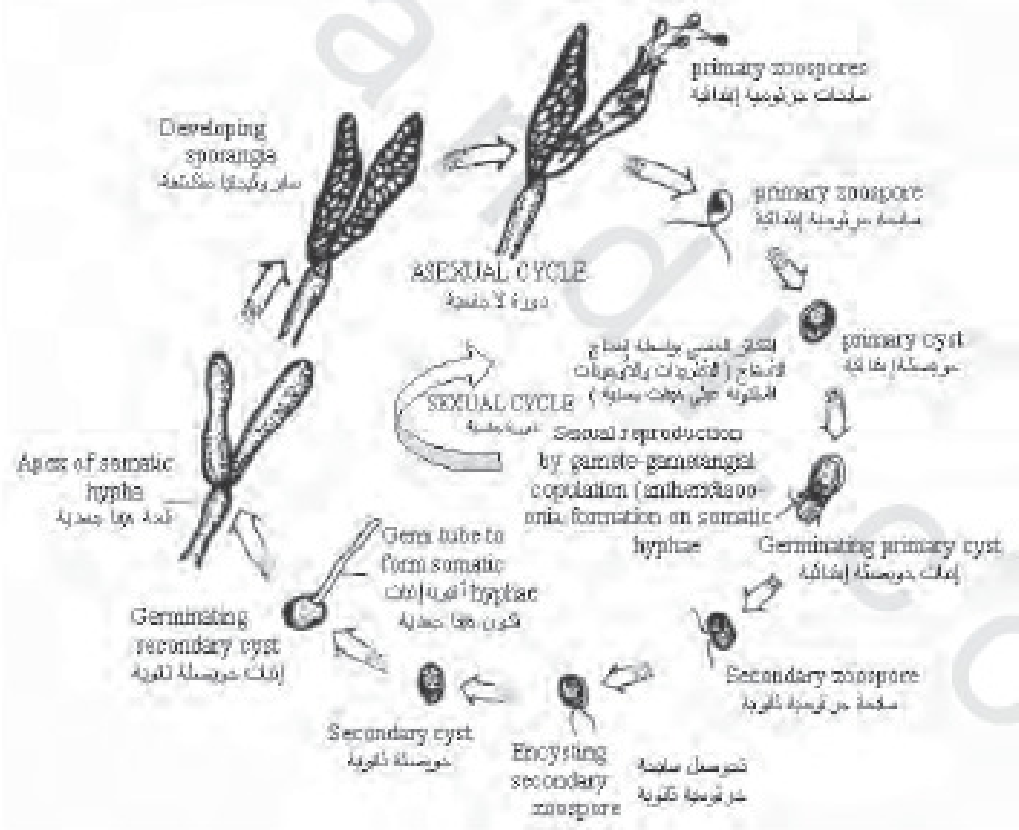
٢- منها فطريات مترممة saprophytic ومتطفلة parasitic.

٣- الأشكال الأبسط في التركيب مائية aquatic حرة المعيشة أو متطفلة على الطحالب والحيوانات الصغيرة وغيرها من الأحياء المائية (تسمى أعفان الماء water molds).

٤- معظم الفطريات البيضية المعقدة أرضية terrestrial متطفلة على النباتات.

٥- تتكاثر لاجنسياً بتكوين جراثيم (أبواغ) سابحة بسوطين أحدهما ريشي tinsel والآخر ضارب whiplash.

٦- التكاثر الجنسي فيها من النوع البيضي oogamy حيث تتكون جراثيم بيضية oospores حقيقية، والتي تكون سميكة الجدر تتكشف نتيجة الاتصال بين حوافظ مشيجية gametangia متخصصة. توجد الحوافظ المشيجية عادة عند النهايات الطرفية للغزل الفطري. وتمر الأمشاج المذكرة، أثناء اتصال الحوافظ من خلال أنبوبة إخصاب fertilization tube إلى الحافظة المؤنثة كما في فطرة فايتوفثورا إنفيستانز *Phytophtora infestans* وفي بعض أنواع سابروليجنيا *Saprolegnia spp.* (عفن الماء)، وكما يحدث في الشكل رقم (١٤١) يحدث التكاثر الجنسي بين أعضاء جنسية مذكرة ومؤنثة على نفس الثالوس، لذلك يعرف، الفطر بأنه متشابه الثالوس homothattlic، أما في أنواع أخرى مثل أكليا *Achlya spp* يكون التكاثر الجنسي متباين الثالوس heterothallic لتكوين الأعضاء الجنسية على هيفات مختلفة.



الشكل رقم (١٤١). دورة حياة سابروليجنيا *Saprolignea* (عفن الماء) عن (Pelczar, *et al.*, 1993).

٧- يمكن الحصول على سابروليجنيا وغيرها من الفطريات البيضية المترممة بسهولة من مزرعة مائية عن طريق غمس ذبابة ميتة أو أي حشرة أخرى في وعاء يحتوي على قليل من التربة من مجرى مائي أو أية تربة رطبة مع إضافة ماء طازج من بركة أو خليج غير محتوي على كلور. ويظهر خلال أيام قليلة غزل فطري خشن يحيط الحشرة بهالة.

٨- بعض أنواع سابروليجنيا عبارة عن طفيليات خطيرة تصيب الأسماك في الخلجان وأحواض تربية الأسماك ومفرخات hatcheries الأسماك.

٩- توجد أنواع أرضية terrestrial مثل فطريات رتبة بيرونوسبورات Peronosporales والتي تكون متطفلة على النباتات وتسبب أمراضاً خطيرة مثل البياض الزغبي downy mildews في العنب ولفحة البطاطس potato blight وموت البادرات damping-off.

١٠- تسمى أحياناً الفطريات الطحلبية phycomycetes، وإن كانت ليست خضراء اللون كالطحالب، إلا أنها تشبه خيوط طحلب فوشيريا في كونها من مدمجات خلوية coenocytes علاوة على وجود سيليلوز في جدرها.

٣- الفطريات الزواجية (الزيجية) The Zygomycetes

تعد الفطريات الزيجية zygomycetes = zygomycota، في الأساس كفطريات أرضية، وعلاوة على ذلك فهي تتميز بالصفات التالية:

١- الهيفات غير مقسمة بجدر عرضية non-septated، أي تتكون من مدمجات خلوية coenocytes.

٢- تتكاثر بواسطة جراثيم غير متحركة non-motile spores.

٣- في التكاثر اللاجنسي تولّد الحوافظ الجرثومية sporangia على قمم هيفات هوائية، وعند نضجها تتمزق لتتحرر الجراثيم الحافظية sporangiospores التي تنبت لتعطي غزلاً فطرياً.

٤- معظمها مترممة saprophytic وبعضها متطفل parasitic على الحشرات أو يسبب أمراضاً تنفسية للإنسان. وبعضها يتطفل على فطريات من بينها فطريات زيجية.

٥- من أشهر أنواعها المترممة فطر عفن الخبز الأسود black bread mold رايزوباس ستولونيفيرا *Rhizopus stolonifera* والذي يسمى أيضاً *R. nigricans*.

٦- من أهم المجموعات الفطريات المكوِّنة للعلاقات الجذر فطرية mycorrliza مع جذور النباتات الراقية.

٧- التكاثر الجنسي sexual Reproduction: يشبه التكاثر الجنسي في رايزوباس وغيره من الفطريات التزاوجية، مثيله في بعض الطحالب الخضراء وخاصة سبيروجيرا *Spirogyra*. وتعرف الجراثيم الجنسية التي تكونها باسم الجراثيم الزيجية zygospores. وهي خلايا سميكة الجدر قادرة على تحمل الظروف القاسية.

٨- تضم نحو ٦٠٠ نوع منتشرة في كل أنحاء العالم. بعضها له قيمة اقتصادية حيث تنتج بعض المنتجات التجارية المفيدة مثل صلصة الصويا soy sauce، والاستيرويدات المستخدمة في موانع الحمل، والأدوية المضادة للالتهابات، وكذلك الأحماض العضوية.

٩- تنقسم إلى قسمين هما: قسم زايجومايسيتس class Zygomycetes، وقسم ترايكومايسيتس class Tricomycetes.

ويضم قسم زايجومايسيتس سبع رتب orders من أهمها:

١- رتبة ميوكورالات Mucorales: حيث تعيش في التربة على المخلفات العضوية وبعضها متطفل على الحيوان والنبات.

٢- رتبة إنتوموفثورالات Entomophthorales. وأغلبها فطريات تتطفل على الحشرات وبعضها مترمم.

وفيما يلي أمثلة لبعض الفطريات الزيجية:

جنس رايزوباس *Rhizopus spp.*

يضم جنس رايزوباس أنواعاً منها ما يسبب العفن الطري soft rot للخضروات والفواكه خاصة نوع رايزوباس ستيولونيفر *R. stolonifer* الذي يصيب الأنسجة اللحمية بكل أجزاء نباتات الخضروات والفواكه والزينة بعد حصادها وخلال النقل والتخزين في أجواء الرطوبة المرتفعة. وينتمي نحو ٣٥ جنساً إلى رايزوباس، جميعها مترممة. ويسبب عفن الخبز الأسود bread black mould فطرة رايزوباس نيجريكانس *Rhizopus nigricans*.

وتوجد جراثيم هذا الفطر في الهواء وفي كل مكان فعندما تسقط على الخبز الموجود في درجة حرارة معتدلة (نحو ٢٥°م وأعلى أو أقل قليلاً)، وفي مكان رطب تنمو هيفات الفطر ويظهر بعد ٢-٣ أيام من الإنبات نمو فطري أبيض يشبه القطن عبارة عن الغزل الفطري mycelium من هيفات تغطي سطح الخبز وتنتشر بغزارة عند استمرار الظروف المناسبة. وبعد ذلك يتحول اللون الأبيض أو الرمادي إلى اللون الأسود نتيجة لتكوين أعداد غزيرة من الحوافظ الجرثومية sporangia المحتوية على جراثيم حافظية sporangiospores لا جنسية ولهذا يسمى عفن الخبز الأسود تفريقاً عن أنواع أخرى من أعفان الخبز مختلفة الألوان والتي تنتمي لأنواع أخرى من الفطريات.

ويتكون الفطر من ثلاثة أنواع من الهيفات التي تشكل الغزل الفطري:

١- هيفات مدَّادة stolon hyphae والتي تنمو أفقياً وتمتد على سطح الخبز أي أنها هيفات جارية.

٢- هيفات تمتد في الوسط substrate hyphae والتي تنمو متشعبة ومتفرعة وتعمل كماصات للمواد الغذائية وكلاء من الخبز والتي تسمى لذلك هيفات شبه جذرية rhizoidal hyphae.

٣- هيفات قائمة erect hyphae وهي هيفات ترتفع فوق سطح مادة الوسط (الخبز) غالباً في خصل tufts وأمام تفرعات الهيفات الجذرية. وهذه الهيفات القائمة بعد نموها تكوّن الحوافظ الجرثومية sporangia التي تحمل بداخلها أعداداً كثيفة من الجراثيم الحافظية sporangiospores سوداء اللون.

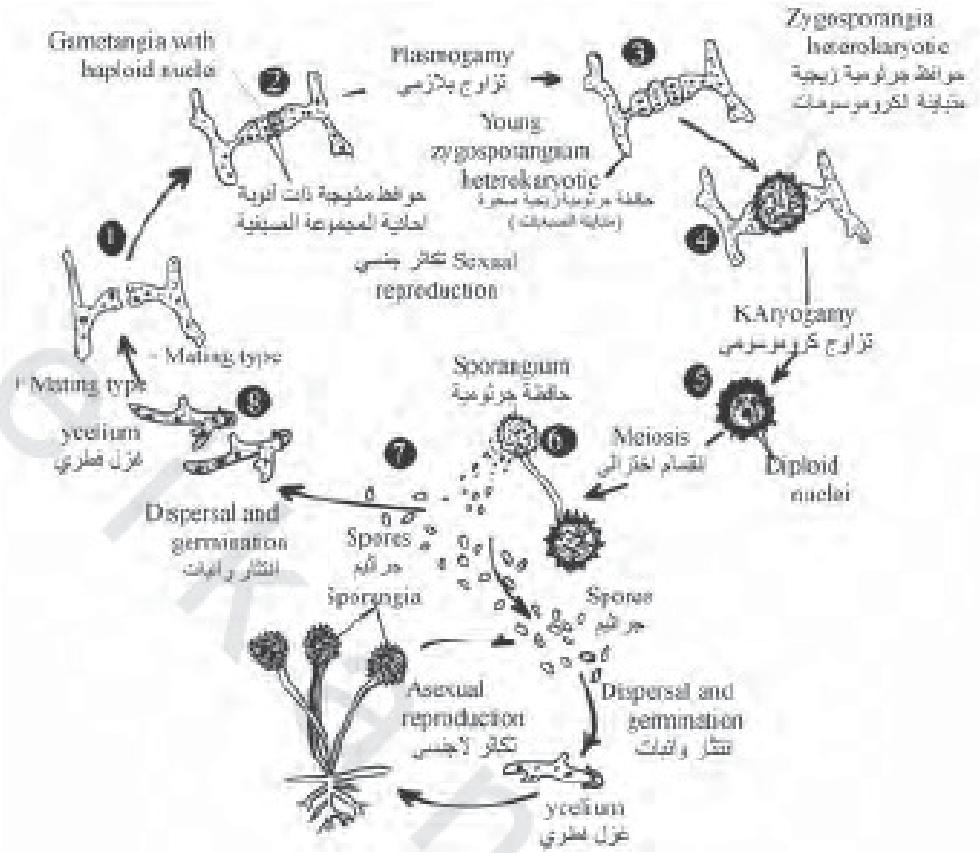
ويلاحظ أن الهيفات الفطرية غير مقسمة بجدر عرضية أي أنها مدمجات خلوية coenocytes.

ويتكاثر الفطر تكاثراً خضرياً بالتفتيت fragmentation كل جزء منه ينمو معطياً غزلاً فطرياً ونمواً كاملاً.

كما يتكاثر تكاثراً لا جنسياً عن طريق تكوين الجراثيم الحافظية التي تتولد من انقسامات عديدة داخل الحافظة الجرثومية التي تنفصل في قمة الهيفات العمودية بجدار فاصل. وعند تمام نضج الجراثيم الحافظية تتحول الحوائط الجرثومية إلى اللون الأسود وتضغط الجراثيم الناضجة على جدار الحافظة ومن ثم تمزقها وتنتشر في الهواء لتكرر عمليات النمو الجديدة في الظروف المواتية ويعد التكاثر اللاجنسي هذا الوسيلة الأكثر انتشاراً في دورة حياة الفطر.

أما التكاثر الجنسي فيبدأ عندما يحدث جفاف أو نضوب في المواد الغذائية أو تحت الظروف غير المواتية. فتبدأ قمم الهيفات المختلفة فسيولوجياً أي السالبة (−) والموجبة (+) بالالتقاء قمة بقمة ثم بعدها تتجمع محتويات كل هيفا في اتجاه القمم ومن ثم تنفصل هذه المحتويات من أنوية مكوّنة بداية حافظة مشيجية progametangium، بعدئذ تنضج مكونة حافظة مشيجية gametangium ومن ثم تنصهر الحافظتان المشيجيتان معاً قمة بقمة بعد اندماج البروتوبلازمان معاً وكذلك الأنوية ليكونا لاقحة جرثومية zygospore (أو لاقحة حافظية) التي تزداد في السمك ويصبح لونها أكثر سواداً وتمر بفترة سكون إلى أن تحين الظروف المواتية حيث تنبت معطية هيفا قائمة عبارة عن حامل حافظي sporagiophore وتنتهي بحافظة جرثومية تنقسم عدة مرات لتعطي جراثيم حافظية تساعد في تكاثر وانتشار الفطر. ويبين الشكل رقم (١٤٢) نوعاً من جنس رايزوباس مسبباً للعفن في ثمار الفراولة، أما الشكل رقم (١٤٣) فيوضح شكل وتركيب ودورة حياة رايزوباس نيجريكانس (فطر عفن الخبز الأسود) متضمناً التكاثر الجنسي واللاجنسي.

الشكل رقم (١٤٢). فطر رايزوباس مسبباً العفن الطري في ثمار الفراولة (عن: Campbell & Reece, 2002).



الشكل رقم (١٤٣). دورة حياة فطر عفن الخبز الأسود (رايزوبوس نيجريكانس *Rhizopus nigricans*) مبيناً التكاثر الجنسي واللاجنسي (عن: Campbell & Reece, 2002).

٤– الفطريات الزقية (الأسكية) The Ascomycetes

الخصائص العامة

١– يضم قسم الفطريات الزقية Ascomycetes (Ascomycota) العديد من الفطريات الأرضية ، وهو من أكبر وأهم أقسام الفطريات حيث يتبعه نحو ٣٠٠٠٠ نوع أو أكثر.

٢– تنتشر هذه الفطريات في بيئات عديدة متنوعة وفي معظم المواسم وفي مدى واسع من درجات الحرارة. وكثير منها مترمم ومنها ما يعيش في البحار. كما أن أنواعاً عديدة تكون متطفلة وتسبب أمراضاً للإنسان والحيوان والنبات.

٣– تسمى أيضاً الفطريات العليا The higher fungi ومعها الفطريات البازيدية، أساساً لأنها أكثر تعقيداً في التركيب عن غيرها من الفطريات. وتتميز بالغزل الفطري المقسم وبتكوين جراثيم كونيدية conidiospores كنتيجة للتكاثر الجنسي ، كما أنها لا تكون أية خلايا سوطية.

٤– أهم ما يميزها هو التكاثر الجنسي الذي ينتج عنه تكوين جراثيم زقية ascospores داخل أكياس زقية asci (بكل كيس ascus أربع أو ثمان جراثيم زقية). ويتم داخل الأكياس الزقية كلا من الاندماج النووي Karyogamy

والانقسام الاختزالي meiosis، وبذا يكون طور الزق ascus stage هو الطور النهائي من التكاثر الجنسي، وهو الذي يطلق عليه التكوين الثمري الكامل أو الرئيس main or perfect fruiting.

٥- من الملاحظ أن أنواعاً عديدة من الفطريات الزقية تتكاثر لا جنسياً بالكونيديات conidia. ويطلق على هذه الفطريات الأخيرة اسم الفطريات الناقصة fungi imperfecti أو Deuteromycetes وهي ناقصة لأنه ينقص معرفة التكاثر الجنسي لها، وعندما يتم التعرف على التكاثر الجنسي إما أن توضع ضمن الفطريات الزقية وإما أن توضع ضمن الفطريات البازيدية على حسب نوع التكاثر الجنسي.

٦- تتضمن أفراد الفطريات الزقية أشكالاً تشبه الخميرة (أي وحيدة الخلية) أو مكونة للغزل الفطري أو ثنائية الشكل dimorphic (أو النوعين معاً).

٧- يتكون الغزل الفطري من هيفات عديمة اللون، كثيرة التفرع من عديد من الخلايا المفصولة عن بعضها بجدر عرضية septa. وتحتوي الجدر العرضية على ثقوب pores تسمح بمرور وانتقال المحتويات السيتوبلازمية بما فيها الأنوية.

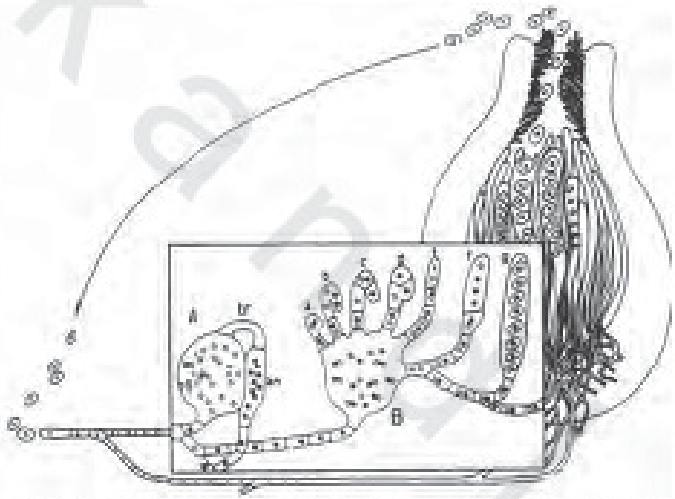
٨- تكون خلايا الهيفات وحيدة النواة غالباً لأنها تنمو من جرثومة وحيدة النواة، ويسمى هذا الغزل الفطري متماثل المجموعة الصبغية homocaryotic. أما الغزل الفطري متعدد الأنوية والذي يسمى متباين المجموعة الصبغية heterocary، فقد تنشأ هذه الحالة من خلية وحيدة النواة عن طريق الطفرة أو بانتقال نواة من خلية مجاورة عبر فتحات الحواجز العرضية، ومن ثم تصبح جميع خلايا الخيط وانقساماته متعددة الأنوية.

٩- تتكاثر الفطريات الزقية لا جنسياً إما بالانقسام البسيط الانشاري fission أو بالتفتيت fragmentation أو بواسطة الجراثيم الكونيدية أو الكلاميدية، كما تتكاثر الخمائر وقليل من الفطريات الخيطية الزقية بالانقسام البسيط والتبرعم. ويطلق عليها الجراثيم البلاستية blastospores. وتنتج الجراثيم الكونيدية على قمم الهيفات وتكون غالباً في سلاسل. وعلى حسب نوع الفطر، فقد تتكون هذه الجراثيم داخل أجسام ثمرية لاجنسية asexual fruiting bodies، مثل تركيب بيكنيديام pycnidium في دوثيوريللا ريبيز *Dothiorella ribis* أو تركيب أسيرفيولاس acervulus كما في مارسونينا جاجيولانديز *Marsonina jugulandis*. والكونيديات مثلها مثل الجراثيم الزقية تنتشر بالرياح أو بالماء أو بالحشرات أو بالحيوانات. وقد تتجمع الكونيديات في كتلة متماسكة تتصلب مكونه ما يسمى أجساماً حجرية (سكليروشيا sclerotia) كما في كلافيسيبس *Claviceps*.

١٠- يتم التكاثر الجنسي نتيجة اندماج نووي بين خليتين يتبعه انقسامين أحدهما اختزالي والآخر غير مباشر (قد يتكرر) ينتج عنه غالباً ٨ أنوية ينشأ عنها أكياس زقية بكل ثمان جراثيم زقية (أحياناً اربع فقط). ويتم هذا التزاوج إما بين خليتين مشابهتين (أي متشابه الثالوس homothallic) وإما غير متشابهتين (متباين الثالوس heterothallic).

ويبدأ الطور الجنسي بتكوين أسكوجونيا ascogonia، ويحمل كل أسكوجونيام ascogonium شعرة جنسية (ترايكوجاين trichogyne) التي تستقبل الأنوية المذكرة، والتي تأتي من الأنثريديام antheridium (العضو الذكري) عن طريق الشعرة الجنسية (ترايكوجاين) إلى الأسكوجونيام (العضو الأنثوي) فيحدث اندماج بلازمي plasmogamy، حيث تزدوج pairs الأنوية دون أن

تندمج حتى اللحظة. عندئذ يعطي الأسكوجونيام ما يسمى الهيفات الأسكوجونية، يتكون كل منها من خلايا تحتوي على نواتين واحدة مذكرة وأخرى مؤنثة (أي هيفات ثنائية الأنوية dikaryon). وتنقسم هذه الأنوية تزامنياً. ويبدأ الاندماج النووي عقب انقسام خلوي معين يسمى تكوين الخطاف hook formation. حيث تنقوس القمة الهيفية لتكوّن خطافاً، وتنقسم الأزواج النووية تزاوجياً conjugatively وينفصل زوج الأنوية العليا بحاجز من ناحية الخلية الساقية stem cell ومن ناحية الخطاف. بعدئذ يندمج الخطاف بالخلية الساقية. وبذا تنتج ثانية خلية أخرى ثنائية الأنوية. وتصبح خلية الخطاف العليا هي الكيس الزقي ascus الذي يحدث فيه اندماج النواتين. بعدئذ تنقسم نواة الزق انقسامين أحدهما اختزالي. ثم تكوّن هذه الأنوية البنوية الثمانية ثمان جراثيم زقية عن طريق انقسام خلوي إضافي. وقد يكون عدد الانقسامات اثنين فقط (فتكون أربع جراثيم) أو أكثر (ليعطي أكثر من ١٠٠٠ جرثومة). ويكون كل من الجراثيم الزقية والغزل الفطري أحادي المجموعة الصبغية haploid. (الشكل رقم ١٤٤).



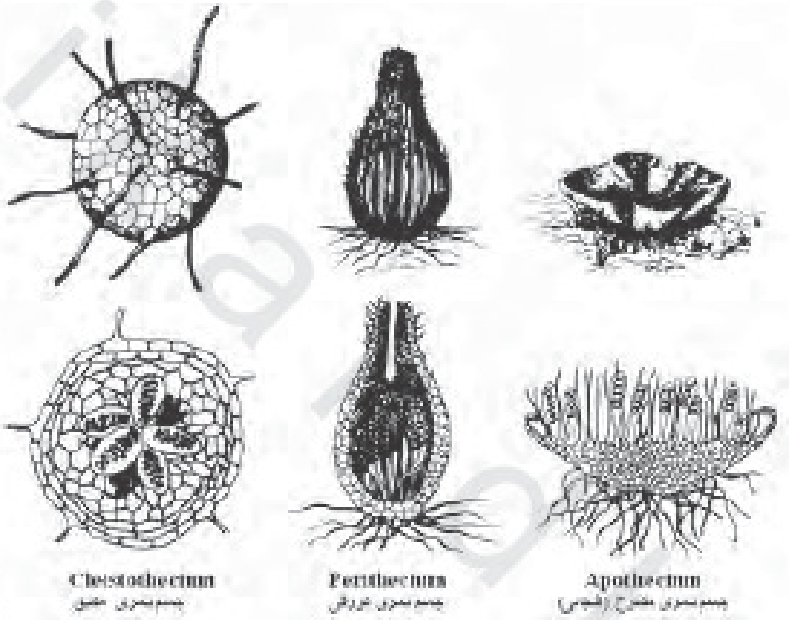
الشكل رقم (١٤٤). دورة حياة فطر زقي متماثل الثالوس. (أ) أسكوجونيام Ascogonium قبل الاندماج اللازمي، (ب) أسكوجونيام به هيفات ثنائية الأنوية والطور اللاحق لتكوين الخطاف والكيس الزقي، (١) تكوين الخطاف، (٢) الخطاف بعد إنقسام الأنوية المزدوجة، (٣) تكوين حاجز عبر الخطاف، (٤) إندماج نووي في طية الزق واندماج الخطاف مع الخلية الساقية، (٥،٦،٧) انقسامات النواة الابتدائية للزق، (٨) تكوين ثمان جراثيم زقية، an = أنثريدة antheridium، as = أسكوجونيام ascogenium، tr = شعرة جنسية (ترايكوجاين trichogyne) عن (Schlegel, 1995).

١١- الأجسام الثمرية Fruiting bodies: مع استثناءات قليلة، تتكون الأكياس الزقية داخل أجسام ثمرية fruiting bodies أو ما تسمى ascocarps. وهذه تمثل أغلفة envelopes أو وسائد التي تبلغ فيها الأعضاء الجنسية النضج. وتعطي الشبكة الهيفية الشكل المميز للجسم الثمري، وتوجد ثلاثة أنواع رئيسة للأجسام الثمرية (الشكل رقم ١٤٥) هي:

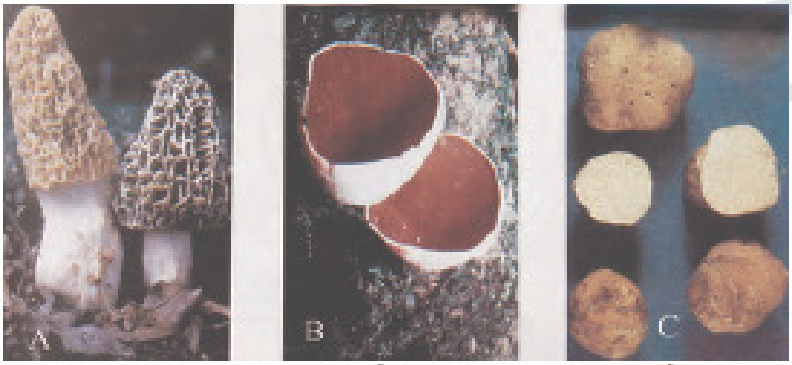
أ) الجسم الثمري القرصي أبوثيسيام Apothecium وهذه الأجسام قد تكون قمية أو كأسية أو فنجانية كما في بيزيزا peziza (الشكل رقم ١٤٥)، وكما في فطريات ديسكومايسيتس Discomycetes.

ب) الجسم الثمري القارووري (الدورقي) (بيريثيسيام Perithecium) ؛ وتكون هذه الأجسام دورقية أو قارورية الشكل (كمثرية) لها عنق متطاول ينتهي عند النضج بتكوين فتحة (الشكل رقم ١٤٥). كما في فطريات بايرينومايسيتس Pyrenomycetes.

ج) الجسم الثمري المغلق (كليستوثيسيام) Cleistothecium، وهو جسم ثمري مغلق دائري وتتحرر منه الجراثيم بعد تحلل الجدار الثمري أو تمزقه كما في فطريات بلكتومايسيتس Plectomycetes (الشكلان رقما ١٤٥، ١٤٦). وفي الكمأة trattles (رتبة Tuberales) تظل الأجسام الثمرية مغلقة. وفي فطرة كلافيسيبس *Claviceps* تكون الأجسام الثمرية من نوع بيريسثيا محاطة بتركيب يسمى أرضية stroma.



الشكل رقم (١٤٥). الأجسام الثمرية fruiting bodies (ascocarps)؛ (أ) الشكل الظاهري، (ب) المقطع العرضي مبيناً أوبثيسيام apothecium وبيريسيثيام، وكليستوثيسيام (عن: Schlegel, 1995).



الشكل رقم (١٤٦). بعض صور الأجسام الثمرية (a) مورشيلا إسكيولنتا *Morchella esculenta*، (b) القناجين القرمزية scarlet cups لساركوسيفاكوكسينيا *Sarcoscypha coccinea*، (c) الكمأة السوداء black truffle تيوبر برومیل *Tuber brumale* وهي مايكوهوا مع الحور (عن Prescott, *et al.*, 1999).

١٢- تلعب أدواراً بيئية مهمة نتيجة لقدراتها الإنزيمية القوية والمتعددة حيث تستطيع أن تكسر جزيئات النباتات والحيوانات وتضعف مقاومتها معاً نتيجة تكسير السيليلوز cellulose أو اللجنين lignin والكوللاجين collagen، وبذلك تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان والنبات. فضلاً عن ذلك، فإن بعض الفطريات الزقية تكون مفيدة حيث تتشارك مع النباتات في علاقة جذر فطرية mycorrhizal تتبادلان معاً المنفعة، حيث تقوم الفطريات الجذرية بامتصاص المواد الغذائية وتجهيز البروتينات وتأخذ من النباتات الكربوهيدرات موارد الطاقة. إضافة إلى ذلك فإن نباتات الأوركيدات لا تستطيع أن تنبت أو تتكشف مالم يتم غزوها بواسطة فطر جذري.

١٣- تلعب فطريات منها أدواراً مهمة في دراسة الفسيولوجي والأحياء الجزيئية والهندسة الوراثية. ومن أهم هذه الفطريات الخمائر yeasts وفطرة نيروسبورا كراسّا *Neurospora crassa* التي تسبب عفن الخبز الأحمر red bread mold.

وقد أصبح جنس نيروسبورا أحد أشهر الكائنات في أبحاث الوراثة حيث استخدمه جورج بيدل George Beadle وإدوارد تاتام Edward Tatum كنموذج تجريبي في بداية ١٩٤٠م لإثبات نظرية الجين الواحد والبروتين الواحد ونالا عنها جائزة نوبل عام ١٩٥٨م. وبهذا العمل بدأ عصر علم الأحياء الجزيئية molecular Biology. وتعد نيروسبورا مفيدة في دراسة الوراثة لأنه بكل كيس زقي تتكون أربع جراثيم تنقسم بعد ذلك انقساماً اختزالياً لتكون ثمان جراثيم زقية تبقى ثابتة في صف بالترتيب وحيث تكونت. ويمكن أن تزال كل جرثومة بالترتيب ويحدد تكوينها الوراثي. وفيما يلي بعض أمثلة من أشهر الفطريات الزقية (الشكل رقم ١٤٧).

أ) الخميرة Yeast (ساكّارومايسيز Saccharomyces)

من أشهر الفطريات الزقية وأكثرها انتشاراً وأهمية وتتبع رتبة Saccharomycetales وعائلة Saccharomycetaceae وتضم أكثر من ٣٠ نوعاً. ونظراً لأهميتها فقد إستحدث لها علم يسمى علم الخمائر Yeastology.

والخميرة عبارة عن كائنات وحيدة الخلية تعيش مترممة على الأوساط السكرية. وتوجد أنواع قليلة متطفلة على النباتات والحيوان والإنسان.

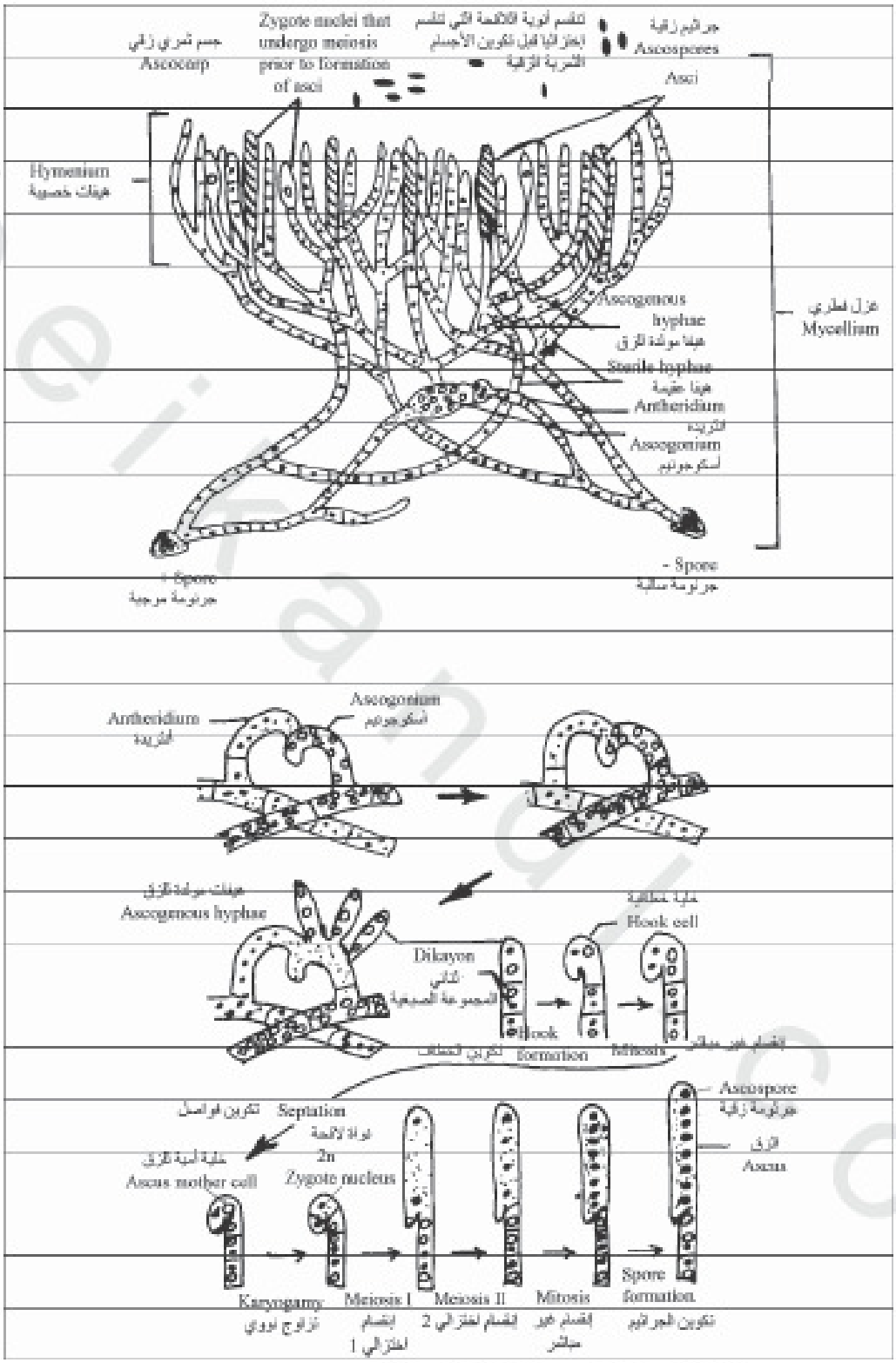
والخمائر واسعة الانتشار في كل مكان، كأسطح الثمار والفواكه ورحيق الأزهار والعصير الذي تفرزه الأشجار، كما توجد في التربة خاصة مزارع الكروم، وفي القنوات الهضمية لحشرات كثيرة، وفي الأوساط الحامضية المحتوية على سكر، ومنتجات الألياف وغيرها. ومن أهم أنواعها خميرة الخباز baker's yeast المسماة ساكّارومايسيز سيريفيسي *Saccharomyces cerevisiae*. وهي فطرة وحيدة الخلية unicellular فقدة القدرة على تكوين غزل فطري (إلا في أحوال خاصة ويكوّن غزلاً فطرياً كاذباً pseudomycelium. ويتراوح قطر الخلية ما بين ٥-١٠ ميكروميترات وذات شكل بيضاوي أو كري (الشكل رقم ١٤٨) حيث يحدها جدار خلوي يليه غشاء سيتوبلازمي ثم السيتوبلازم

الذي تنتشر فيه الريبوزومات والميتوكوندريا وجهاز جولجي ونواة تحتوي على كروموسومات ونوية، كما يتوفر في السيتوبلازم غذاء مدخر من حبيبات جليكوجين glycogen وكريات من الدهون والبروتينات.

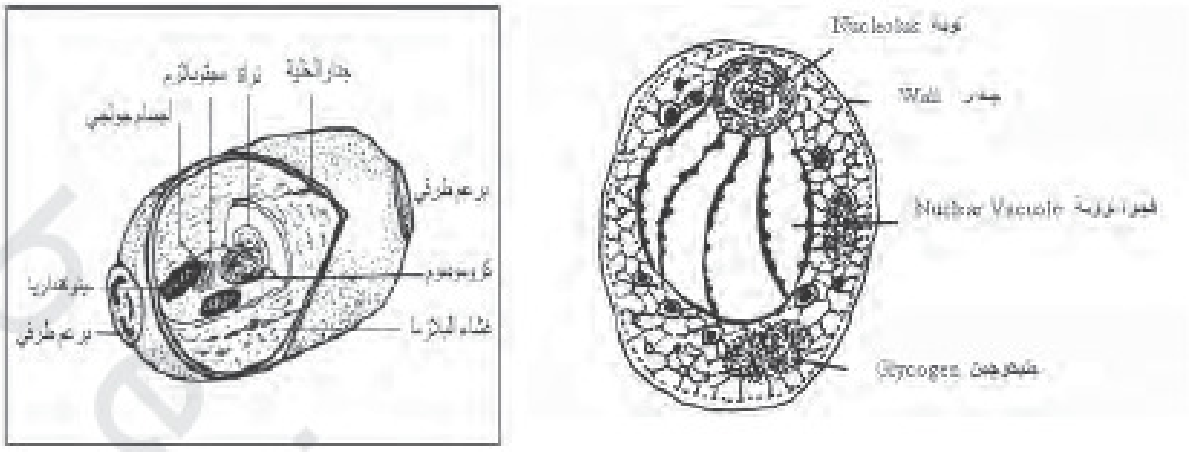
وتتكاثر الخميرة لاجنسياً تحت الظروف الملائمة حيث تنقسم النواة إلى نصفين بانقسام غير مباشر، بعدئذ يخرج بروز من جدار الخلية يستمر في التبرعم budding مكوناً برعماً ترحل فيه إحدى النواتين البنويتين ثم يتم تحصر البراعم bud constricted لتنفصل خلية الخميرة الجديدة الصغيرة التي تنمو حتى تصل مرحلة النمو. وهكذا تتكرر عملية التبرعم هذه معطية أعداداً وأجيالاً كثيرة من الخلايا الخضرية. كما تستطيع بعض أنواع الخميرة من التكاثر اللاجنسي بالانشطار الثنائي المستعرض transverse binary fission (على خلاف الخميرة المتبرعمة). ويحدث أحياناً ألاّ تنفصل البراعم وتظل متصلة مكونة ما يشبه الخيوط أو ما يسمى الغزل الفطري الكاذب pseudomycelium. ويتم التبرعم بنشاط تحت الظروف الهوائية، ويبطىء أو يتوقف تحت الظروف اللاهوائية.

ويتم التكاثر الجنسي في الخميرة وتتكون أكياس زقية جنسية تحت ظروف خاصة، حيث تتكون بكل زق أربع أو ثمان جراثيم زقية على حسب النوع. ولتحفيز تكوين تكاثر جنسي وجراثيم زقية تنمي الخميرة على بيئة خاصة تتكون من آجار المولاس (مولاس + آجار) أو بيئة كاملة تحتوي على مستخلص بيبتون peptone + مستخلص خميرة + جلوكوز + فيتامينات + متحلل مائي للكازين casein hydrolysate ثم بعدئذ تنقل الخلايا إلى بيئة أخرى محفِّزة للتجرثم تحتوي على خلات صوديوم sodium acetate وسكر جلوكوز أو رافينوز عند درجة ٣٠°م. ويتم تكوين الأكياس الزقية في مدة ١٢–٢٤ ساعة وتكون الخلايا التي تنشأ منها الأكياس الزقية ثنائية المجموعة الصبغية diploid. وعند نقل الجراثيم الزقية إلى بيئة مغذية عادية تنمو معطية خلايا خضرية أصغر في الحجم ويمكنها أن تعطي براعم وخلاياها آحادية المجموعة الصبغية haploid.

وكما سبق القول تستخدم الخميرة في صناعة الخبز والصناعات التخمرية الأخرى لإنتاج كحول إيثيلي وإنزيمات وفيتامينات وغيرها، كما تستخدم في الهندسة الوراثية لإنتاج منتجات جينية بشرية أو حيوانية ذات استخدامات دوائية مهمة. علاوة على ذلك تستخدم الخميرة لإنتاج البروتين وحيد الخلية (S.C.P) single cell protein والذي يستخدم فيه نوع خاص من الخمائر يسمى كانديدا ترويبكيلز *Candida tropicales* التي تنمي على النفط الخام أو أحد مشتقاته لتعطي كتلاً هائلة من النمو السريع الغني بالبروتين. ويستخدم هذا البروتين الرخيص كعلف للحيوانات. وتجري تجارب حالياً لتحسين هذا الإنتاج وإمكانية استخدامه كغذاء للبشر.



الشكل رقم (١٤٧). دورة حياة الفطريات الزقية (عن: Prescott. *et al*., 1999).



الشكل رقم (١٤٨). الشكل العام والتركيب الداخلي لخلية الخميرة (عن: Prescott, *et al.*, 1999 والطرابلسي ٢٠٠٢).

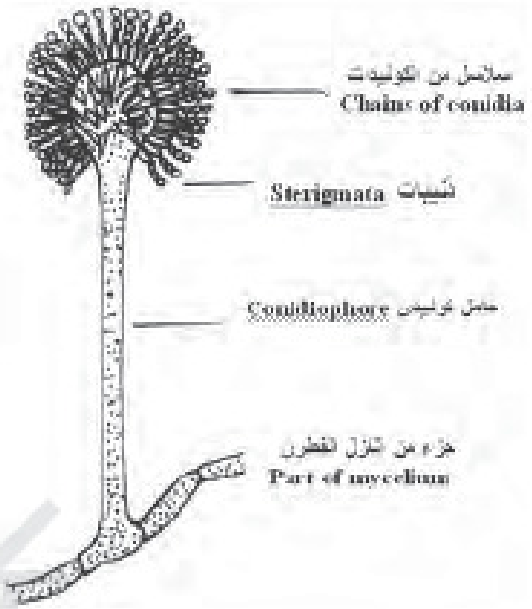
ب) أسبيرجيللاس Aspergillus

تعد فطرة أسبرجيللاس من أكثر الفطريات انتشاراً في الطبيعة وتوجد جراثيمه اللاجنسية في الهواء والتربة وتنمو على أوساط غذائية متنوعة وعلى البقايا النباتية والحيوانية الرطبة وعلى الخضروات والفواكه واللحوم وتسبب عفناً mold لكثير من الثمار والمواد الغذائية. كما تنمو على الجلود والأوراق والأنسجة مسببة تلفها وتعفنها. ويضم هذا الجنس نحو ٢٠٠ نوع متباين بعضه عن بعض بلون جراثيمها. ومن هذه الأنواع ما يستخدم صناعياً لإنتاج حامض ستريك وجلايكوليك glycolic وأنواع من الأحبار وبعض الدهون وبعض الفيتامينات (مثل فيتامين ب). وكذلك بعض أنواع المضادات الحيوية مثل فلافيسين Flavicin وأسبرجيللين Aspergillin وفانجلين Fungalin. كما تسبب بعضها أمراضاً للإنسان وللحيوان.

تتبع الفطرة رتبة يوروتيليز Eurotiales. وتنمو على شكل هيفات مقسمة بجدر عرضية يخرج منها هيفات جارية على الوسط تمتد منها عمودياً هيفات قائمة تسمى حوامل كونيدية conidiophores تنتفخ قمتها على شكل رأس تخرج منه ذنيبات sterigmata أو ما يسمى زوائد إصبعية phialides تحمل سلاسل من الجراثيم الكونيدية conidia في شكل تعاقب قمي acropetal succession. وتشبه الزوائد والكونيديات قرص الشمس تقريباً وتعد ألوان الجراثيم ونظام ترتيبها مهماً في التعرف على أنواع أسبيرجيللاس المختلفة (الشكل رقم ١٤٩) ومن هذه الأنواع:

١- أسبيرجيللاس نايجر *A niger* وهو ما يسبب العفن الأسود في الفواكه والأغذية المخزونة كالبصل وثمار العنب. ويستخدم صناعياً في إنتاج حامض ستريك وحامض أوكساليك. كما توجد منه سلالات تسبب أمراضاً مزمنة للإنسان.

٢- أسبيرجيللاس فوميجاتاس *A. fumigatus* الذي يسبب للإنسان مرضاً يسمى أوتومايكوزيس otomycosis الذي يصيب الرئة ويشبه في أعراضه مرض السل الرئوي.



الشكل رقم (١٤٩). أسبرجيللاس Aspergillus.

ج) بينيسيليام Penicillium spp.

تشبه أنواع فطريات بينيسيليام مثيلتها أسبيرجيللاس من حيث انتشارها الواسع في الطبيعة. وتعني كلمة بينيسيليام باللاتينية الفرشاة لأن تفرعات الفطر وجراثيمه تشبه الفرشاة أو المكنسة. كما يعرف أيضاً بأنه العفن الأخضر green mould. وهيفات الغزل الفطري تكوّن حوامل كونيدية تنمو لأعلى وتتميز بتكوين فروع عبارة عن ذنيبات sterigmata ابتدائية primary وتتفرع إلى ثانوية secondary وثالثية tertiary، وتحمل الأخيرة سلاسل من الكونيدات في نظام التعاقب القمي وبذلك تظهر في شكل الفرشاة أو المكنسة (الشكل رقم ١٥٠). وكما في أسبيرجيللاس يعد شكل الحامل الكونيدي وتفرعاته وجراثيمه أساساً للتعرف على أنواع هذا الجنس. وأنواع قليلة هي التي تكوّن أجساماً ثمرية نتيجة للتكاثر الجنسي متشابه الثالوس homothallic كما في أنواع بينيسيليام بيرفيلديانام *P. perfeldianum* وبينيسيليام جلوكام *P. glaucum*، وبينيسيليام فيرميكيولاتام *P. vermiculatum*. أما في بينيسيليام ليوتيام *P. luteum* فيكون اتحاد الخيوط الفطرية فيه من النوع متباين الثالوس heterothallic.

ولأنواع البينيسيليام المختلفة أهمية في مجالات شتى:

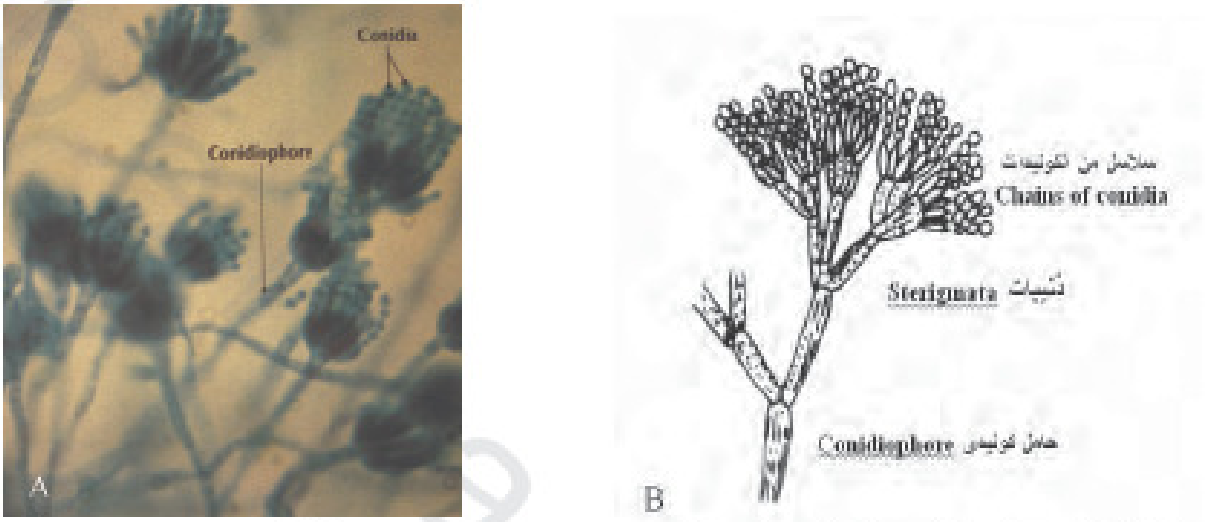
١- يستخرج منها أول وأشهر المضادات الحيوية antibiotic المعروف بالبينيسيللين penicillin وهو مضاد بكتيري استخدم في علاج كثير من أمراض الإنسان والحيوان. وأشهر الأنواع التي تنتجه هو بنيسيليام كرايزوجينام *P. chrysogenum* وبنيسيليام نوتاتام *P. notatum*.

٢- مصدر لإنتاج العديد من الأحماض العضوية مثل ستريك وأوكساليك وجلوكونيك وكذلك إنزيمات وفيتامينات.

٣- تستخدم أنواع منه لإنتاج أجبان خاصة مثل جبن روكفورت Roquefort بواسطة بينيسيليام روكيفورتي *P. roquefortii* وجبن كاميمبيرت Camembert بواسطة بينيسيليام كاميمبيرتي *P. camembertii*.

٤- تسبب أنواع بينيسيليام ديجيتاتام *P. digitatum* وبينيسيليام إيتاليكام *P. italicum* عفناً وفساداً في كثير من الأغذية والفواكه خصوصاً ثمار الموالح (الحمضيات).

٥- يسبب بينيسيليام كراستاسيام *P. crustacium* أمراضاً للإنسان تشبه الالتهاب الرئوي.



الشكل رقم (١٥٠). شكل بينيسيليام: (أ) صورة ضوئية (عن: Pelczar. *et al.*, 1993)، (ب) رسم تخطيطي (عن: Said. *et al.*, 1958).

د) كلافيسيبس Claviceps spp

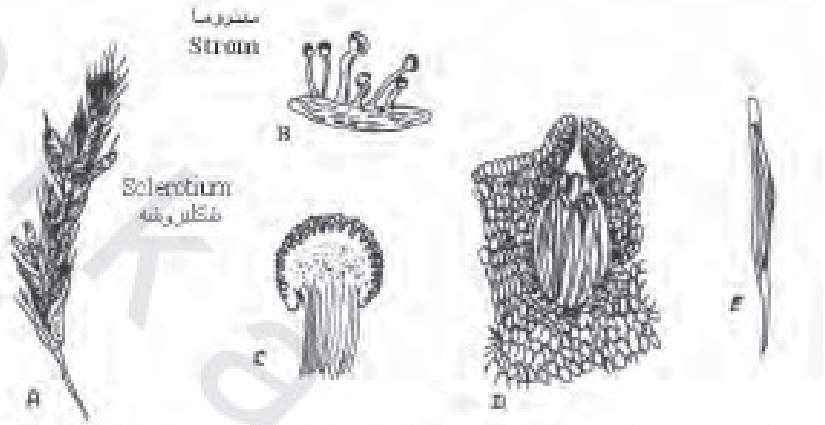
كلافيسيبس *Claviceps* هي فطرة متطفلة على مبايض نباتات العائلة النجيلية وتضم ١٢ نوعاً أشهرها كلافيسيبس بيربوريا *C. purpurea* الذي يتطفل على نبات الشيلم rye والقمح والنجيليات وحشائش برية أخرى.

وتبدأ إصابة النباتات وقت الإزهار وهي إصابة تقتصر على المبايض. فعندما تصيب جرثومة الفطر مبيض الزهرة تنمو وتعطي كتلة طرية من الغَزْل الفطري، وتنتج على هذا الغزل الفطري الجراثيم الكونيدية. وفي نفس الوقت، يفرز محلولاً سكرياً حول الحوامل الكونيدية الذي تعرف بالرحيق الشهدي honey dew الذي يجذب الحشرات حيث يساعد في انتشار المرض للنباتات الأخرى.

وفي النهاية تبدأ محتويات البذور المتكونة المصابة في التصلب وتصبح منضغطة وداكنة اللون مكونة الأجسام الحجرية sclerotia التي تكون أكثر سمكاً وبارزة على سنابل النباتات المصابة (الشكل رقم ١٥١).

وتسقط بعض الأجسام الحجرية (الاسكليروشيا) على الأرض حيث تبقى ساكنة خلال موسم الشتاء. وفي الربيع التالي تبدأ هذه الأجسام الحجرية في الإنبات وتعطي كل جسم حجري نحو ست حشوات (ستروماتا stromata) طويلة ومعنَّقة stalked وذات رؤوس صولجانية capitated heads. ويحتوي رأس كل حشوة stroma على العديد من الثمار الزقية القارورية (بيرثيسيا perithecia)، وتترتب هذه الثمار الزقية القارورية على المحيط الخارجي للرأس. ويحتوي كل منها على عديد من الأكياس الزقية المرتبة التي يوازي بعضها بعضاً. وتقذف الجراثيم الزقية من الأكياس الزقية للخارج حيث تسقط على أزهار نباتات أخرى وتنبت وتحدث إصابة وبذلك تتكرر دورة الحياة.

وتحتوي هذه الأجسام الحجرية على مواد قلويدية alkaloids مثل إرجوميترين ergometrine وإرجوتوكسين ergotoxin اللتان تسببان أمراضاً خطيرة تؤدي لإجهاض الماشية الحامل نتيجة حالات التقلص الشديد في عضلات الرحم. كما أن تناول الإنسان للحبوب (أو الدقيق) المحتوية على الأجسام الثمرية يسبب حالات تسمم تشمل القيء والصداع، وقد تؤدي للوفاة ويسمى هذا المرض المرض بالإرجوتي ergotism. وتستخدم هذه القلويدات كسم، كما يستخلص منها إرجوتامين ergotamine المستخدم في علاج الصداع النصفي (الشقيقة migraine).



الشكل رقم (١٥١). كلافيسبس بوربوريا *Clavicops purpurea*. (أ) سنبلة شيلم مصابة تحمل الأجسام الحجرية، (ب) جسم حجري نابت إلى حشوات stromata، (ج) قطاع طولي في حشوة بين الأجسام الزقية، القارورية (بيريثسيا)، (د) جسم زقي قاروري مفرد مكبراً (هـ) كيس زقي يحوي على ثمان جراثيم زقية خيطية (عن: Saied *et al.*, 1958).

هـ) فطريات الكمأة (الفقع) Truffles

هي مجموعة من الفطريات التي تنمو تحت التربة وتكوّن أجساماً ثمرية من مختلف الأحجام قد تصل في بعض أنواعها لنحو ١٠٠٠ جرام وبعضها يدفع التربة ليظهر فوق الأرض. وهذه الفطريات لذيذة الطعم وتؤكل في بلدان كثيرة في الشرق الأوسط.

وهذه الفطريات عبارة عن أجناس مختلفة منها تيرمانيا نيفيا *Turmania nevea* والذي يعرف محلياً في السعودية بالزبيدي وهو من الأحجام الكبيرة، وكذلك جنس تيرفيزيا بوديري *Terfezia boudieri* والذي يعرف بالخلاسي والذي قد يصل وزنه نحو ٣٠٠ جرام وكذلك الكمأة السوداء من جنس تيوبر برومیل *Tuber brumale* (الشكل رقم ١٥٢)، وتيوبر ميلانوسبورام *T. melanosporum* وهو أفضل الأنواع للأكل وأزكاها رائحة.

وكثير من فطريات الكمأة مترمم لكن منها ما يسمى الجذر فطريات mycoarhiza، حيث تنمو في معيشة تكافلية من نباتات معينة مثل الرقروق *Heliamthemum sp.* في السعودية أو البلوط oak.

وقد سميت كمأة لأن ثمارها الزقية تمتلىء تحت التربة، أما اسم الفقع فيرجع إلى أن الثمار الناضجة تضغط على التربة وتسبب تشققها حتى تظهر فوق سطح الأرض.

(ب)

(ج)

الشكل رقم (١٥٢). (أ) دورة حياة فطر الكمأة الصحراوية (عن: الرحمة، الطبعة الثالثة ١٩٩٨). (ب) الكمأة السوداء تيوبر ميلانوسبورام *Tuber melanosporum* نوع مميز بالمشققات؛ (ج) تيرفيزيا بوديري *Terfezia boudieri* (الكمأة الصحراوية).

٥- الفطريات البازيدية The Basidiomycetes

وتتميز بالصفات التالية :

١- تعد الفطريات البازيدية من أرقى المجموعات الفطرية وأكثرها تعقيداً. وتوجد في بيئات متنوعة وأشكال وأحجام مختلفة تضم أكثر من ٥٥٠ جنساً تحتوي على ما يقرب من ٢٥٠٠٠ نوع.

٢- أغلبها فطريات كبيرة الحجم تكوّن أجساماً ثمرية واضحة تسمى البازيدات basidia (مفردها basidium)، كما يوجد من بينها الكثير من الفطريات المجهرية مثل فطريات الأصداء rust fungi وفطريات التفحمات smut fungi التي تسبب أمراضاً للنباتات.

٣- تعيش متطفلة أو مترممة في التربة الغنية بالمواد العضوية وعلى جذوع الأشجار وكتل الأخشاب وفي الغابات وتزدهر في الربيع والخريف.

٤- من أمثلتها الشهيرة فطريات عيش الغراب mushrooms التي تؤكل. وفطريات عيش الغراب السام Toad stools. والكرات النافخة puff balls، والقرون العفنة stinkhorns، وفطريات الأرفف shelf fungi، والفطريات الجيلاتينية jelly fungi، وفطريات نجوم الأرض star fungi وفطريات أعشاش الطير birds nest fungi.

٥- هيفات الغزل الفطري غزيرة ومقسمة septated بجدر عرضية مثقبة وتتكاثر لا جنسياً بتكوين الجراثيم الكونيدية ولكنها أقل شيوعاً عما في الفطريات الزقية.

٦- التكاثر الجنسي هو الأكثر شيوعاً، وفيه يحدث التكاثر الجنسي بين خليتين مختلفتين (- و +) ينتج عنهما اندماج بلازمي Plasmogamy ثم يليه اندماج نووي Karyogamy على الترتيب. وتكون نتيجة ذلك تكوين بازيديام basidium يحدث فيه انقسامان للنواة ثنائية المجموعة الصبغية أحدهما اختزالي فتتكون أربعة أنوية أحادية المجموعة الصبغية تنبثق كل واحدة من البازيديام مكونة جرثومة بازيدية basidiospore تكون محمولة خارجياً على ذنيب sterigma. وبذا تتولد الجراثيم خارجياً محمولة على البازيديام وتنتشر الجراثيم البازيدية لينمو منها غزل فطري وهكذا تتكرر دورة الحياة.

وسوف نذكر بعض أمثلة من الفطريات البازيدية منها :

أ) فطرة باكسينيا جراميني Puccinia graminis

يضم جنس باكسينيا *Puccinia* أكثر من ٨٠٠ نوع أهمها: باكسينيا جراميني ترتيساي *Puccinia graminis tritici*. وتسبب فطرة باكسينيا جراميني مرض صدأ الساق الأسود black stem rust في القمح والشعير والشيلم والشوفان وكثير من نباتات العائلة النجيلية، وتتبع رتبة يوريدينيلز Uridinales من الفطريات البازيدية الحقيقية Protobasidiomycetes. وفيها يكون البازيديام مقسماً.

ففي بواكير موسم نمو النباتات المصابة تظهر على السيقان أو الأوراق أو سنابل العائل بُطَشٌ (بقع batches) برتقالية – محمرة أو خطوط streaks تشير إلى أعراض الإصابة بالفطرة. ويكون الغَزْل الفطري مقسماً وجيد النمو وخلاياه ثنائية

الأنوية binucleated. وتعيش الفطرة في المسافات البين خلوية intracellular spaces لأنسجة العائل عن طريق إرسال ممصات haustoria داخل الخلايا للحصول بواسطتها على المواد المغذية. ويتراكم الغزل الفطري في مساحات محددة حيث ينتج جراثيم وحيدة الخلية ثنائية النواة تسمى الجراثيم اليوريدية uredospores التي تتجمع فيما تسمى البثرة اليوريدية uredosorus (الشكل رقم أ، ١٥٣). وتكون الجرثومة اليوريدية برتقالية اللون، وهي بيضاوية عريضة، ثنائية الأنوية ويوجد بها ٤ أو ٥ ثقوب إنبات germ pores ويكون الجدار الخارجي للجرثومة سميكاً وخشناً بأشواك أو إمتدادات دقيقة. وكل جرثومة تكون محمولة على عنق يسمى حامل الجرثومة اليوريدية uredosporophore. وتضغط الجراثيم على بشرة النبات التي تتمزق ومن ثم تتعرض الجراثيم للخارج وتنتشر بواسطة الرياح، حيث تستطيع أن تحدث عدوى جديدة مباشرة للنباتات النجيلية. ويستمر الفطر في إنتاج أجيال متعاقبة من الجراثيم اليوريدية طالما كان النبات نموه قوياً.

وبنهاية موسم النمو، عندما يبدأ العائل بالنضج، يبدأ الغزل الفطري في إنتاج نوع ثان من الجراثيم يسمى الجراثيم التيليتية (teleutospore) بدلاً عن الجراثيم اليوريدية.

وقد تظهر الجراثيم التيليتية الأولى في نفس مواقع البثرات اليوريدية، لكن التي تتكشف مؤخراً قد تحتوي فقط على الجراثيم التيليتية. ويعتمد التحول من الجراثيم اليوريدية إلى التيليتية على نشاط التمثيل الضوئي للنبات العائل. وتنتج الجراثيم التيليتية في مجموعات تسمى البثرات التيليتية teleutosori (الشكل رقم ب، ١٥٣). وتحمل كل جرثومة تيليتية على عنق يسمى حامل الجرثومة التيليتية teleutosporophore، وتتكون الجرثومة من خليتين، تكون كل خلية ذات نواتين binucleated كلاهما آحادية المجموعة الصبغية ولها ثقب إنبات واحد. ويكون الجدار الخارجي للجرثومة التيليتية سميكاً وداكن اللون وهذا ما يسبب اللون الأسود (الداكن) للبثرات التيليتية. وبمرور الوقت تنضج الجراثيم وتندمج معاً نواتي كل خلية لتكونان نواة واحدة ثنائية المجموعة الصبغية diploid.

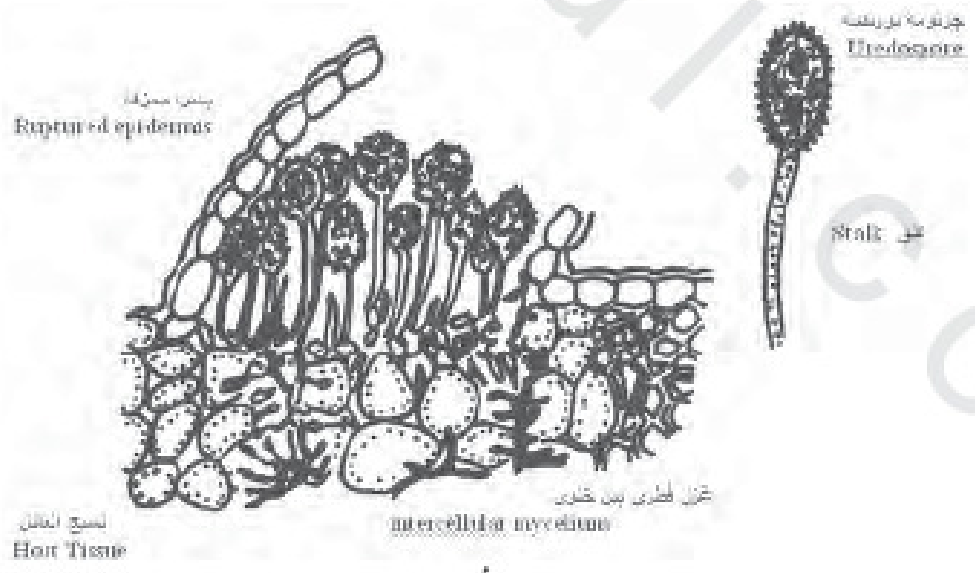
وتمضي الجراثيم التيليتية الشتاء في سكون في الحقول بعد سقوطها وأثناء الحصاد. وعندما تتوفر الظروف المناسبة، تبدأ الجراثيم التيليتية في الإنبات (الشكل رقم ج، ١٥٣). وتعطي كل خلية من الاثنتين أنبوبة إنبات أو ما يسمى بازيديام basidium. وتقوم كل نواة بكل من الخليتين بانقسامين متتابعين أولهما اختزالي reductional، وبهذا تنتج أربعة أنوية. وترتب الأنوية الأربعة أنفسها في البازيديام، ثم تتكون جدر مستعرضة بينها لتتكشف أربع خلايا، يكل منها نواة آحادية المجموعة الصبغية. بعدئذ، ينشأ على كل خلية ذنيب sterigma حيث يتنفخ إلى جرثومة بازيدية basidiospore ترحل إليها النواة. وحيث إن الفطر متباين الثالوس heterothallic، لذلك تكون الجراثيم البازيدية إما موجبة (+) وإما سالبة (−). ولذلك فعند إنباتها تعطي غَزْلاً فطرياً موجباً أو سالباً. وهذه الجراثيم التيليتية هي الطور الثالث في دورة الحياة وهي الوحيدة المترممة saprophytic.

ولا تستطيع الجراثيم البازيدية المحمولة خارجياً على البازيديام أن تحدث عدوى لأي نبات من النجيليات، لكنها تحدث عدوى لعائل آخر من نباتات ثنائية الفلقة هو نبات الباربيري barberry (بيربيرس فالجاريز *Berberis vulgaris*) إذ تنتج غزولاً (جمع غزل) mycelia خلاياها وحيدة النواة. ويتمو الغزل الفطري ويتشعب بين ramifies

خلايا النسيج العمادي palisade tissue لورق النبات العائل. وتظهر هذه الهيفات، عقب وقت قصير من العدوى بين البشرة العليا لورقة الباربيري والخلايا العمادية. وتعطي هذه الهيفات تراكيب قارورية الشكل تسمى سبيروموجونيا spermogonia أو بيكنيديا pycnidia (أوعية بكنيدية) (الشكل رقم د، ١٥٣) التي تفتح على البشرة العليا للورقة بواسطة فتحات ostioles ويبرز في تجويف البيكنيديا خلايا طرفية شعرية الشكل من هيفات عديدة أو عند نهاية هذه الخلايا الطرفية تنتج عدة جراثيم بكنية pycniospores وحيدة النواة.

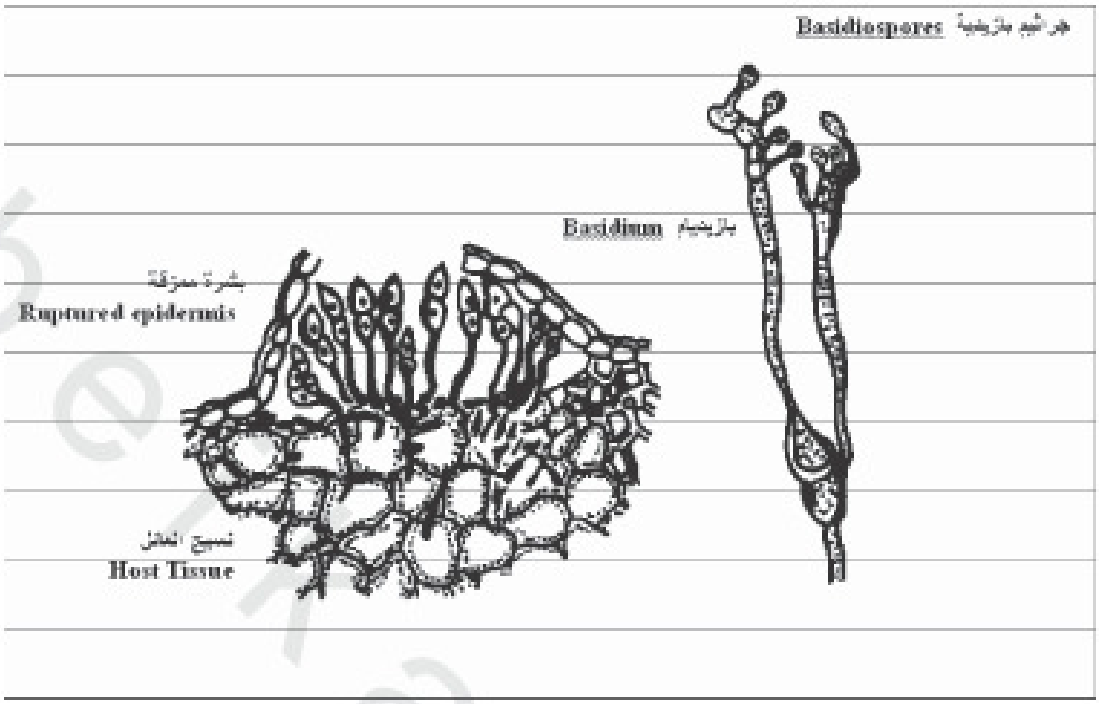
وتخرج هذه الجراثيم البكنية من الأوعية البكنيدية في قطرات من رحيق حلو. ويجذب هذا السائل الحشرات التي تساعد في نشر dessimination هذه الجراثيم. وعندما تستقبل الدوارق البكنيدية جراثيم بكنيدية من السلالة المختلفة، تندمج الجرثومتان السالبة والموجبة معاً. وعقب هذا الاندماج الخلوي يتكشف غَزْل فطري من نوع آخر حيث تحتوي كل خلية فيه على نواتين. وتصل هذه الخلايا ثنائية النواة إلى الغَزْل الفطري آحادي النواة الموجود فعلاً على السطح السفلي لورقة الباربيري وتختلط بهيفاته وتعمل الخلايا ثنائية النواة كخلايا قاعدية التي تتقطع في تعاقب من خلايا ثنائية النواة. بعدئذ تنقسم كل خلية مباشرة إلى خلية كبيرة وأخرى صغيرة وتصبح الخلية الكبيرة جرثومة آسيدية aecidiospore، على حين تصبح الخلية الصغيرة خلية بينية intercalary cell والتي تقوم بوظيفة فصل الجراثيم الآسيدية (الشكل رقم د، ١٥٣).

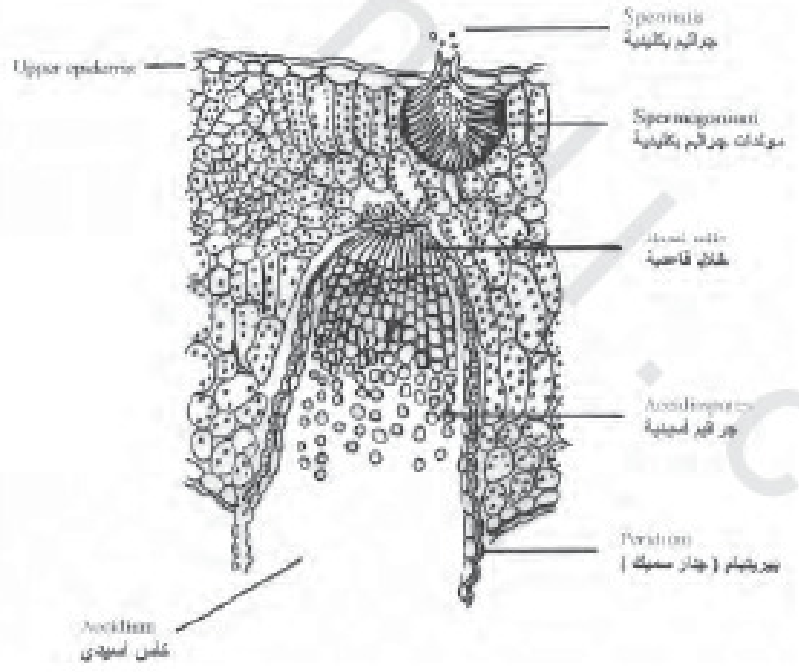
وتكون حافة المنطقة المكوِّنة للجراثيم محاطة encircled بطبقة واقية من خلايا مغلظة الجدران تسمى بيريديام peridium (الشكل رقم هـ، ١٥٣). وتتمزق قمة البيريديام وتتحرر الجراثيم الآسيدية حيث تصيب النباتات النجيلية وبذلك تتكرر دورة الحياة (الشكل رقم ١٥٤).



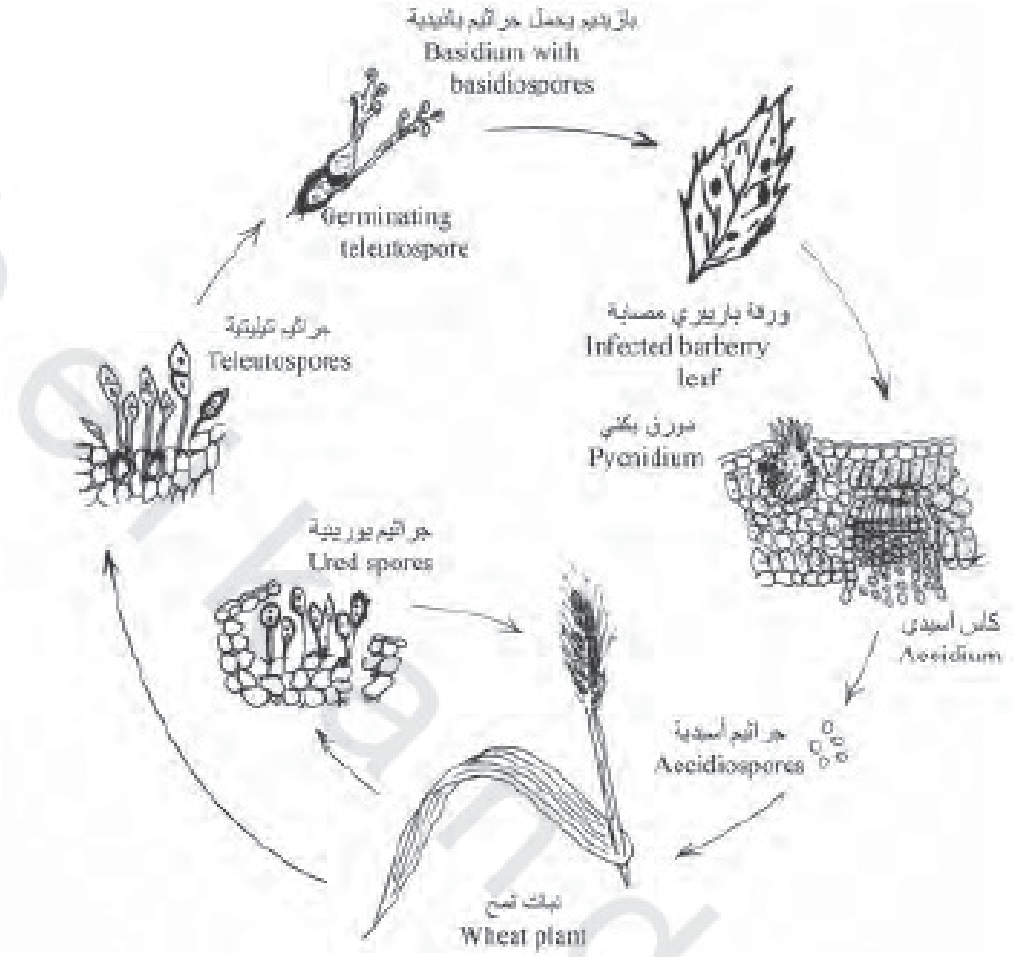
(أ)

الشكل رقم (١٥٣). فطر صدأ الساق الأسود في القمح؛ (أ) البقرة اليوريدية والجراثيم اليوريدية.





تابع الشكل رقم (١٥٣). قطر صدأ الساق الأسود في القمح؛ (ب) البثرة التيليتية والجرثومة التيليتية؛ (ج) البازيديام والجراثيم البازيدية؛ (د) الوعاء البكنيدي والجراثيم البكنيدية على السطح العلوي لورقة نبات باربيري والكأس الأسيدي والجراثيم الأسيدية على السطح السفلي لنفس ورقة الباربيري (عن: Said, *et al.*, 1958).



الشكل رقم (١٥٤). دورة حياة فطر باكسينيا جراميينز المسبب لصدأ الساق الأسود في النجيليات (عن: Said, *et al.*, 1988).

ب) فطريات رتبة الأجاريكيلز Fungi of agaricales

وتعرف أيضاً هذه المجموعة بالفطريات الخيشومية gill fungi والتي تضم فطريات عيش الغراب mushrooms التي تؤكل وفطريات عيش الغراب السامة toadstools التي يصعب التمييز بينهما شكلياً. وينتمي لهذه الرتبة نحو ٧٠٠٠ نوع يضمها ٢٠٠ جنس. وهي فطريات مترممة في معظمها تنمو في التربة الغنية بالرمال وفي الحدائق والغابات والمروج الخضراء. كما أمكن زراعة بعضها على نطاق تجاري. ومنها أنواع تدخل في علاقة تكافلية من الفطريات الجذرية mycorrhizae.

وتتميز فطريات هذه الرتبة بتكوين أجسام ثمرته بازيدية كبيرة وذات أشكال وألوان وأحجام مختلفة (انظر الشكل رقم ١٥٥) لمعرفة مدى هذا التنوع.

• **آجاريكاس Agaricus**: هو أحد أجناس فطريات عيش الغراب وإن كانت هناك أجناس أخرى من المشروم العادي وهو لوبيوتاكريستاتا *Lepiota cristata* الذي ينمو بين الحشائش وعيش غراب الرف shelf mushroom المسمى بوليبوراس فيرزيكولور *Polyporus versicolor* الذي يتطفل على الخشب المقطوع (الشكل رقم ١٥٦).

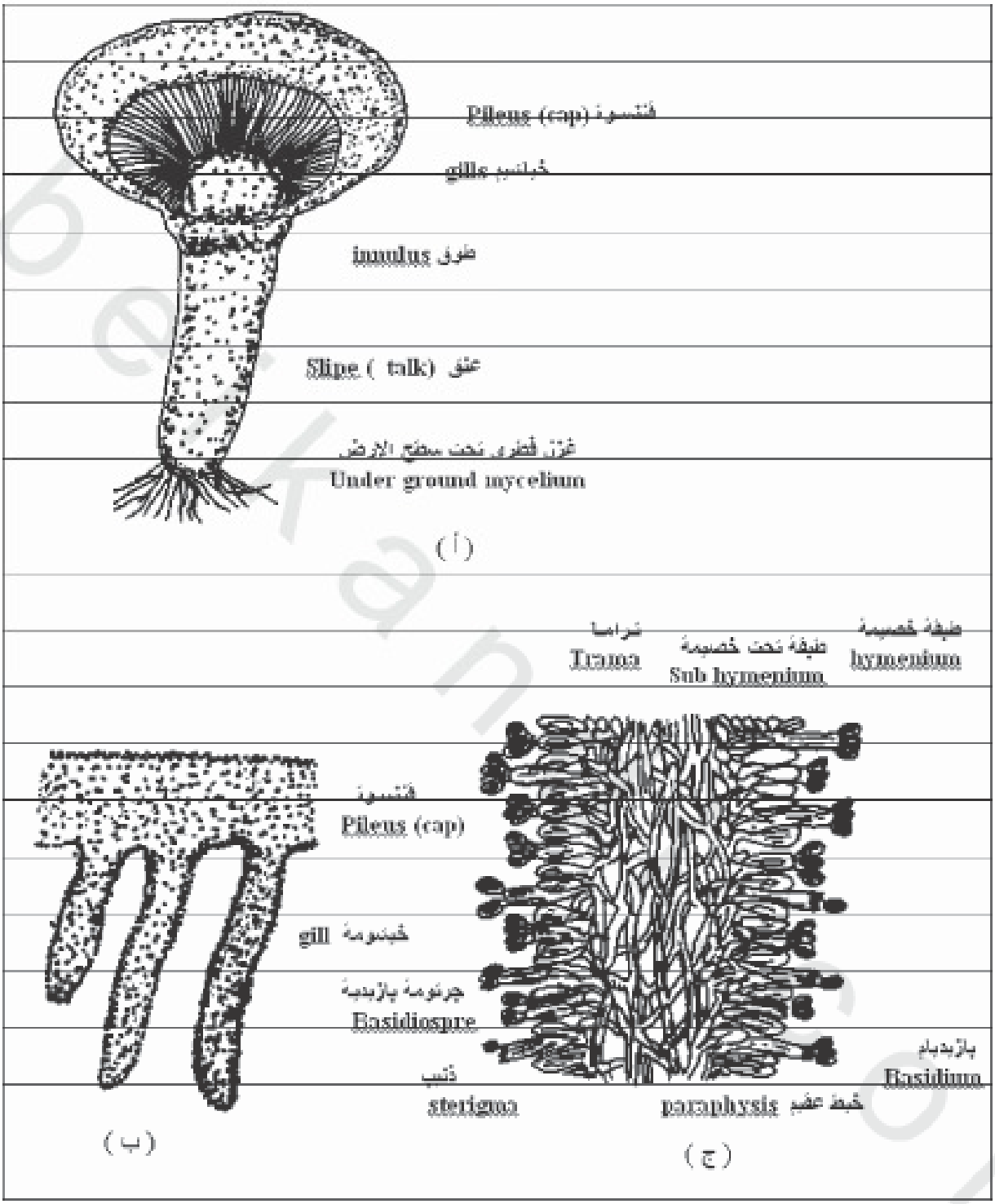
الشكل رقم (١٥٥). أشكال مختلفة من فطريات عيش الغراب أجاريكاس كامبيستريس *Agaricus campestris* فطر عيش الغراب نامي في مزرعة أجاريكاس باسبوراس *A bisporus* (عن: الرحمة ١٩٩٨).

الشكل رقم (١٥٦). أنواع من فطرة عيش الغراب عيش الغراب العادي من جنس لبيوتا كريستاتا *Lepiota cristata* الذي ينمو بين الحشائش، عيش غراب الخار بليروتاس أسترياتس *Pleurotus astreatus* وأزراد صغيرة؛ عيش غراب الدقاقه بوليبوراس فروندوزاس *Polyporus frondosus* (عن: Wistriech, 1999)؛ فطر أمانيتا ماسكاريا *Amanita muscaria* من فطريات عيش الغراب السام وهو يجذب الذباب (عن: الرحمة ١٩٩٨).

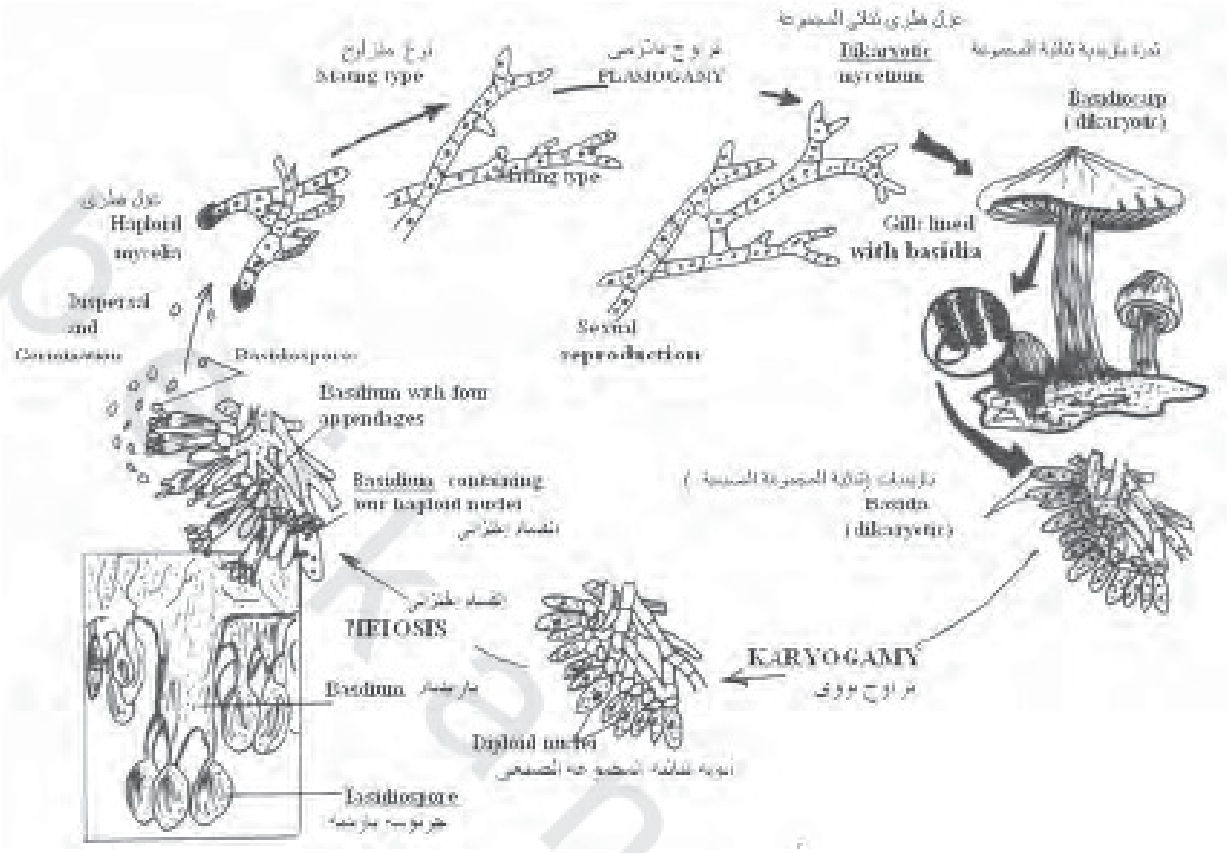
وجنس آجاريكاس مترمم ينمو في التربة الرطبة الغنية بالمواد الدبالية وعلى كتل الأخشاب وجزوع الأشجار وبقايا الجزوع المساقطة وفي أرضية الغابات وفي الحقول والغابات والمروج خاصة في فصلي الربيع والخريف. ويضم أجناساً مهمة مما تؤكل مثل آجاريكاس كامبيستريس *A. campestris* وآجاريكاس بايسبوراس *A. bisporus* اللذين ينموان برياً وقد أمكن زراعتهما على نطاق تجاري في بلدان كثيرة. والفطر مترمم يتبع مجموعة autobasidiomycetes، والتي يكون فيها البازيديام غير مقسم non-septate. وهو عادة ما يعرف بعيش غراب الحقل، الذي يعيش على روث الخيل والتربة الغنية بالدبال، وكذلك في المزارع الخاصة على شكل تجاري تحت أرضي subterranean، متفرعاً ومقسماً وخلاياه ثنائية الأنوية binucleate. ويعطي الغزْل الفطري فوق سطح التربة هيفات مغزولة بكثافة ومتشابكة تكوّن جسماً ثمرياً fruit body ويسمى الحامل الجرثومي sporophore. وعندما يكون صغيراً وحديثاً، يكون الجسم الثمري مغطى بكامله بغشاء الذي يتكسر عندما ينمو. بعدئذ يتكشف الجسم الثمري إلى عنق (حامل stalk) stipe وقلنسوة (قبعة cap) pileus (الشكل رقم ١٥٧). وفي البداية تكون حافة القلنسوة متصلة بالعنق ثم تتكسر عندما تتضخم القلنسوة. ويبقى جزء من الغشاء متصلاً بالعنق ويسمى طوقاً annulus.

وعلى السطح السفلي للقلنسوة تتدلى خياشيم gills على شكل أشرطة ضيقة أو صفائح من النسيج. وعند فحص قطاع عمودي في القلنسوة ماراً بالخياشيم، يلاحظ أن الخياشيم تتكون من ثلاث طبقات هي: ١- الطبقة الوسطى والتي تتكون من هيفات مفككة نسبياً وتسمى تراما trama، ٢- يليها على جانبي التراما طبقة متماسكة من هيفات تكون ما يسمى الطبقة تحت الخصيبة subhymenium، ٣- وأخيراً طبقة سطحية من هيفات متراصة شبه عمادية palisade-like layer تسمى الطبقة الخصيبة hymenium. وتتكون الطبقة الخصيبة من البازيديات basidia وهي الهيفات الخصيبة الصولجانية التي تحمل الجراثيم البازيدية (اثنتان أو أربعة) محمولة على ذنيبات، وتتخلل الهيفات الخصيبة أخرى عقيمة غير منتجة للجراثيم البازيدية.

وتكون أعداد الجراثيم البازيدية بالملايين والتي تنتشر في الهواء أو تجمّع ثم عندما تنبت تعطي فطر عيش الغراب من جديد (انظر دورة الحياة في الشكل رقم ١٥٨).



الشكل رقم (١٥٧). قطر عيش الغراب (أجاريكاس *Agaricus*) (أ) الحامل الجرثومي الناضج؛ (ب) قطاع عمودي في القلنسوة مارٌ بالخياشيم؛ (ج) جزء مكبر من القطاع العمودي في الخياشيم (عن: Said, *et al.*, 1956).



الشكل رقم (١٥٨). دورة حياة أحد فطريات عيش الغراب (عن: Campbell & Reece, 2002).

٦- الفطريات الناقصة Deuteromycetes (Fungi imperfecti)

هي أنواع من الفطريات تنقص معرفتنا عنها فيما يخص التكاثر الجنسي وتشبه الفطريات الكاملة المقسمة الهيفات ومعروف فقط تكاثرها اللاجنسي وكثير منها يتكاثر لاجنسياً أيضاً بالجراثيم الكونيدية التي تأخذ أشكالاً مختلفة، كما أن بعضها قد لا يكوّن جراثيم كونيدية ولذلك تسمى غزلاً فطرياً عقيماً mycelia sterilia.

وهي مجموعة كبيرة من الفطريات تضم نحو ١٥٠٠٠ نوع تنتمي إلى ١٥٠٠ جنس. وهي تعيش في اليابسة والبيئات المائية وكثير منها مترمم أو ضعيف التطفل. كما يوجد منها أنواع تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان والنبات وأنواع ذات قيمة اقتصادية في إنتاج مضادات حيوية وكيماويات اقتصادية وطبية. وتبدو معظم الفطريات الناقصة، مع هذا، مشابهة للفطريات الزقية. وقد كان فطر بينسيليام سابقاً ضمن الفطريات الناقصة إلى أن تم اكتشاف تكاثره الجنسي مما جعله من ضمن الفطريات الزقية.

وفيما يلي بعض أمثلة من الفطريات الناقصة.

أ) الترناريا Alternaria

وهي فطرة تسبب أنواعاً عديدة من أمراض التبقع spotting على كثير من النباتات وتخترق النبات من البشرة السفلى وتكوّن حوامل كونيدية تحمل كونيديات على هيئة سلاسل مستقيمة أو متفرعة وتكون الجراثيم ذات أشكال وألوان مختلفة، كما تكون جراثيم كلاميدية.

ب) فيوزاريام Fusarium

وتسبب مرض الذبول wilting في كثير من النباتات والبادرات لعديد من الأنواع النباتية كما تصيب الجذور مسببة لها التعفن والتلف والتلون باللون الأسود فتفقد قدرتها على الامتصاص ومن ثم في كثير من الأحيان تسبب الموت المبكر للبادرات damping off. وجراثيمها الكونيدية مميزة بشكلها الهلالي crescent-shape حيث تتكون من خلية أو اثنتين أو ثلاث.

ج) هيلمينثوسبوريام Helminthosporium

وهي فطرة تسبب أمراض التخطيط streaking لمحاصيل عديدة خاصة الحبوب.

obeikandl.com