www.dar-alkotob.com دار الكتب

دار الكتب www.dar-alkotob.com

عالم الفطريات

تأليف
الأستاذ الدكتور
محمد على أحمد
دكتوراه من جامعة جورج أوجست – جوتنجن – ألمانيا الغربية
أستاذ أمراض النبات – كلية الزراعة – جامعة عين شمس

الطبعة الأولى
١٩٩٨ – القاهرة

الدار العربية للنشر والتوزيع

دار الكتب www.dar-alkotob.com

حقوق النشر للطبعة العربية

عالم الفطريات

رقم الإيداع : ١٠٠٠٧ / ٩٧
I. S. B. N. 977 - 258 - 112 - 5

الطبعة الأولى
١٩٩٨

حقوق النشر محفوظة
للدار العربية للنشر والتوزيع
٣٢ شارع عباس العقاد – مدينة نصر
ت : ٢٧٥٣٣٣٥ فاكس : ٢٧٥٣٣٨٨

لا يجوز نشر أى جزء من هذا الكتاب ، أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع أو نقلة على أى وجه ، أو بأى طريقة ، سواء أكانت إليكترونية ، أو ميكانيكية ، أو بالتصوير ، أو بالتسجيل ، أو بخلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة ، ومقدما .

دار الكتب www.dar-alkotob.com

مقدمة الناشر

يتزايد الاهتمام باللغة العربية فى بلادنا يوما بعد يوم : ولا شك أنه فى الغد القريب ستستعيد اللغة العربية هيبتها التى طالما أمتهنت وأذلت من أبنائها وغير أبنائها . ولا ريب فى أن إمتهان لغة أية أمة من الأمم هو إذلال ثقافى فكرى للأمة نفسها ، الأمر الذى يتطلب تضافر جهود أبناء الأمة رجالا ونساءً ، طلابا وطالبات ، علماء ومثقفين مفكرين وسياسين فى سبيل جعل لغة العروبة تحتل مكانتها اللائقة التى اعترف المجتمع الدولى بها لغة عمل فى منظمة الأمم المتحدة ومؤسساتها فى أنحاء العالم ، لأنها لغة أمة ذات حضارة عريقة استوعبت – فيما مضى – علوم الأمم الأخرى ، وصهرتها فى بوتقتها اللغوية والفكرية ، فكانت لغة العلوم والأدب ، ولغة الفكر والكتابة والمخاطبة .

إن الفضل فى التقدم العلمى الذى تنعم به أوروبا اليوم يرجع فى واقعه إلى الصحوة العلمية فى الترجمة التى عاشتها فى القرون الوسطى . فقد كان المرجع الوحيد للعلوم الطبية والعلمية والاجتماعية هو الكتب المترجمة عن اللغة العربية لابن سينا وابن الهيثم والفارابى وابن خلدون وغيرهم من عمالقة العرب ، ولم ينكر الأوروبيون ذلك ، بل يسجل تاريخهم ما ترجموه عن حضارة الفراعنة والعرب والإغريق ، وهذا يشهد بأن اللغة العربية كانت مطواعة للعلم والتدريس والتأليف ، وإنها قادرة على التعبير عن متطلبات الحياة وما يستجد من علوم وإن غيرها ليس بأدق منها ، ولا أقدر على التعبير .

ولكن ما أصاب الأمة من مصائب وجمود بدأ مع عصر الاستعمار التركى ، ثم البريطانى والفرنسى ، عاق اللغة من النمو والتطور ، وأبعدها عن العلم والحضارة ولكن عندما أحس العرب بأن حياتهم لابد من أن تتغير ، وأن جمودهم لابد أن تدب فيه الحياة ، اندفع الرواد من اللغويين والأدباء ، والعلماء فى إنماء اللغة وتطويرها ، حتى أن مدرسة قصر العينى فى القاهرة ، والجامعة الأمريكية فى بيروت درستا الطب بالعربية أول إنشائها. ولو تصفحنا الكتب التى ألفت أو تُرجمت يوم كان الطب يدرس

دار الكتب www.dar-alkotob.com

فيهما باللغة العربية لوجدناها كتباً ممتازة لا تقل جودة عن أمثالها من كتب الغرب فـــى ذلك الحين ، سواء فى الطبع ، أو حسن التعبير، أو براعة الإيضـــاح ، ولكـــن هذيـــن المعهدين تنكرا للغة العربية فيما بعد ، وسادت لغة المستعمر . وفُرضت علـــى أبنـــاء الأمة فرضا ، إذ رأى المستعمر فى خنق اللغة العربية مجالا لعرقلة الأمة العربية .

وبالرغم من المقاومة العنيفة التى قابلها ، إلا أنه كان بين المواطنين صنائع ســـبقوا الأجنبى فيما يتطلع إليه . فتفننوا فى أساليب التملق له اكتسابا لمرضاته ، ورجال تأثروا بحملات المستعمـــر الظالمـــة . يشككون فى قـــدرة اللغـــة العربية علـــى اســـتيعاب الحضـــارة الجـــديدة ، وغاب عنهم ما قاله الحاكم الفرنســـى لجيشـــه الزاحـــف إلـــى الجزائر : ((علموا لغتنا وانشروها حتى نحكم الجزائر ، فإذا حكمت لغتنا الجزائـــر ، فقد حكمناها حقيقة)) .

فهل لى أن أوجه نداءً إلى جميع حكومات الدول العربية بأن تبادر – فى أسرع وقت ممكن – إلى اتخاذ التدابير ، والوسائل الكفيلة باستعمال اللغة العربية لغة تدريس فـــى جميع مراحل التعليم العام ، والمهنى ، والجامعى ، مع العناية الكافية باللغات الأجنبيـــة فى مختلف مراحل التعليم لتكون وسيلة الإطلاع على تطور العلم والثقافة والانفتاح على العالم . وكلنا ثقة من إيمان العلماء والأساتذة بالتعريب ، نظـــراً لأن إســـتعمال اللغـــة القومية فى التدريس ييسر على الطالب سرعة الفهم دون عائق لغوى ، وبذلـــك تـــزداد حصيلته الدراسية ، ويرتفع بمستواه العلمى ، وذلك يعتبر تأصيلاً للفكر العلمـــى فـــى البلاد ، وتمكيناً للغة القومية من الازدهار والقيام بدورها فى التعبـــير عـــن حاجـــات المجتمع ، وألفاظ ومصطلحات الحضارة والعلوم .

ولا يغيب عن حكوماتنا العربية أن حركة التعريب تسير متباطئة، أو تكاد تتوقـــف، بل تحارب أحياناً ممن يشغلون بعض الوظائف القيادية فى سلك التعليـــم والجامعـــات، ممن ترك الاستعمار فى نفوسهم عـــُقداً وأمراضاً ، رغم أنـــهم يعلمـــون أن جامعـــات إسرائيل قد ترجمت العلوم إلى اللغة العبرية، وعدد من يتخاطب بها فى العالم لا يزيـــد على خمسة عشر مليون يهودياً ، كما أنه من خلال زياراتى لبعض الـــدول واطلاعـــى

www.dar-alkotob.com دار الكتب

وجدت كل أمة من الأمم تدرس بلغتها القومية مختلف فروع العلوم والأدب والتقنيـــة ، كاليابان ، وأسبانيا ، وألمانيـــا ، ودول أمريكا اللاتينيـــة ، ولم تشك أمة من هذه الأمـــم فى قدرة لغتها على تغطية العلوم الحديثة ، فهل أمة العرب أقل شأنا من غيرها ؟! .

وأخيرا .. وتمشيا مع أهداف الدار العربية للنشر والتوزيع ، وتحقيقا لأغراضها فى تدعيم الإنتاج العلمى ، وتشجيع العلماء والبـــاحثين فى إعادة مناهج التفكـــير العلمـــى وطرائقـــه إلى رحاب لغتنا الشريفـــة ، تقوم الـــدار بنشر هذا الكتاب المتمـــيز الـــذى يعتبر واحدا من ضمن ما نشرته – وستقوم بنشره – الـــدار من الكتب العربية التى قام بتأليفها أو ترجمتها نخبة ممتازة من أساتذة الجامعات المصرية والعربية المختلفة .

وبهذا ... ننفذ عهدا قطعناه على المضى قدما فيما أردناه من خدمة لغـــة الوحـــى. وفيما أراده الله تعالى لنا من جهاد فيها .

وقد صدق الله العظيم حينما قال فى كتابه الكريم : (وقل اعملـــو فســـيرى الله عملكـــم ورسوله والمؤمنون وستردون إلى عالم الغيب والشهادة فينبئكم بما كنتم تعملون).

محـــمـــد أحـــمـــد دربـــالـــة

الدار العربية للنشر والتوزيع

www.dar-alkotob.com دار الكتب

www.dar-alkotob.com دار الكتب

إهـــــداء

إلى نبـــــع الحـــــب والعـــــطاء
إلى رمـــز الإخـــلاص والـــوفـــاء
إلى زوجـــــتي الحـــبيبـــــة
أهـــــدي هـــــذا الكـــتـــاب

د. محمد ٩/١٢/١٩٩٧

www.dar-alkotob.com دار الكتب

دار الكتب www.dar-alkotob.com

مقدمة

يهتم هذا الكتاب بالنشاط الحيوى للفطريات التى تحيط بنا ، والتى لا يكاد يخلو نظام بيئى من وجودها ؛ فيتأثر بها وتتأثر هى به . فالفطريات تحلل المركبات العضوية المعقدة ، وتشارك الكائنات الحية الأخرى حياتها ؛ مؤثرة بذلك على حياة الإنسان وبيئته التى يعيش فيها ؛ سواء بطريقة مباشرة أم غير مباشرة .

ويقدر عدد أنواع هذه الفطريات بحوالى ١,٥ مليون نوع مختلف ، لا نعرف منها سوى ٧٧ ألف نوع تقريبا ؛ أى حوالى ٥,١ ٪ فقط ، يضاف إليهم حوالى ألف نوع جديد سنويا ، يتم اكتشافها نتيجة أبحاث العاملين فى هذا المجال الحيوى الهام فى جميع أنحاء العالم .

وهذا يوضح لنا بجلاء أن معظم الأنواع الفطرية مازالت مجهوله لنا ، ومازال العالم واقفا على أعتاب عالم الفطريات الذى لاحدود له ، حتى ونحن فى نهاية القرن العشرين .

وتظهر الفطريات اختلافات كبيرة بينها وبين بعضها ؛ سواء فى شكلها الخارجى، أو فى نمطها الغذائى ، وأيضا فى طريقة تكاثرها ، ووسيلة انتشارها . فهى تنمو مشاركة لحياة عديد من الكائنات الحية الأخرى ، سواء فى حياة تبادل المنفعة ، أم متطفلة عليها وممرضة لها ، أو مترممة على مخلفاتها وإفرازاتها .

وتتخصص عديد من الأنواع الفطرية فى النمو على المواد العضوية المختلفة ، وتحللها إلى مكوناتها الأساسية ؛ وبذلك تعيد إلى الطبيعة المركبات الأساسية الأولية مرة أخرى ؛ مما يحمى البيئة من التلوث ، ويحافظ على التوازن البيئى . كما تنمو بعض الفطريات فى مياه الأنهار والبحار والمحيطات ، وعلى سطوح الأوراق ، وفى التربة الزراعية ، وفى البيئات المرتفعة الحرارة ، أو تحت ظروف التجمد .

وهكذا تتواجد الفطريات فى كل مكان تقريبا ، نامية وسط ظروف صعبة بالغة التعقيد ، وعوامل بيئية قاسية ، وأعداء طبيعية لا ترحم . وعلى الرغم من ذلك فإن هذه الفطريات استطاعت تحمل هذه المحن ، متأقلمة مع تلك الظروف المتباينة ، حاملة

بين جوانحها ذخيرة لا تنفذ من العوامل الوراثية التى تتغير وتتبدل ، منتجة أنماطا مختلفة من الأنواع والسلالات التى استمرت محتفظة بحيويتها ونشاطها منذ نشأتها الأولى حتى الآن ، فى الوقت الذى انقرضت فيه أحياء أخرى لا حصر لها .

وفى خلال العقود الثلاثة الماضية ، حدثت طفرة عظيمة فى دراسة الفطريات ، حيث لم يهتم بها علماء الفطريات فقط ، ولكنها أصبحت محط اهتمام الباحثين والدارسين من مختلف المجالات ؛ من الطب البشرى إلى تخزين الحبوب ، ومن الإنتاج الزراعى إلى فن العمارة وهندسة التشييد ، ومن العلوم البحتة إلى الحرب البيولوجية ، ومن الهندسة الوراثية إلى ميكروبيولوجيا الفضاء .

إننا أمام كائن حى بسيط التركيب ، عميق التأثير ، واسع الانتشار ، وهبه الله سبحانه وتعالى قدرات لا حصر لها ، فاستطاع أن يجعل من أفراده جنودا تغزو جميع الأنشطة الحيوية الهامة التى يقوم بها الإنسان ، مؤثرة تأثيرا كبيرا فى البيئة من حوله ، وعلينا نحن إزاحة الستار عن هذا الدور الحيوى الهام الذى تقوم به الفطريات ، ومحاولة فهمه ، ثم الاستفادة منه فى تحسين مستقبل البشرية وزيادة رفاهيتها .

أ. د. محمد على أحمد

المحتويات

الموضوع — رقم الصفحة

تمهيد

أولاً : نشأة الأحياء الدقيقة ٢٥
ثانياً : المجهر ، ورؤية العالم الخفي ٢٩
ثالثاً : الفطريات .. عالم بلا حدود ٣٥
رابعاً : وضع الفطريات بين الكائنات الحية ٥٩
خامساً : المراجع ٦٤

الباب الأول
المملكة الفطرية

مقدمة ٦٩
أولاً : الميسليوم الفطري ٧٠
١ - الجدار الخلوي ٧٤
٢ - المحتويات الداخلية للخلية الفطرية ٧٨
ثانياً : النمو الطولي والتفرع الجانبي ٧٩
ثالثاً : التكاثر ٨٣
١ - التكاثر اللاجنسي ٨٣
٢ - التكاثر الجنسي ٨٨
رابعاً : جراثيم الإنتشار والجراثيم المتحملة للظروف السيئة ٩٠
١ - جراثيم الإنتشار ٩١
٢ - الجراثيم المتحملة للظروف السيئة ٩٢
٣ - الأجسام الحجرية ٩٣
خامساً : المراجع ٩٥

الباب الثانى
الفطريات الحفرية

مقدمة ٩٩
أولاً : الحفريات الفطرية ١٠٠
ثانيـاً : الفطريات الحفرية البدائية ١٠٧
ثالثـاً : الفطريات الحفرية الأسكية ١١٥
رابعـاً : الفطريات الحفرية البازيدية ١٣٩
خامسـاً : الفطريات الحفرية الناقصة ١٤٤
١ – تقسيم الفطريات الحفرية الناقصة ١٤٧
٢ – وصف لبعض الفطريات الحفرية الناقصة ١٥٣
أ – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الأميروسبورات ١٥٣
ب – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الديديموسبورات ١٥٥
جـ – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الفراجموسبورات ١٥٧
د – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الستاوروسبورات ١٥٩
هـ – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الديكتيوسبورات ١٦٠
و – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الهيليكوسبورات ١٦٢
سادساً : رجل الثلج البدائى وفطريات العصر الحجرى ١٦٩
سابعاً : المراجع ١٧٣

الباب الثالث
الفطريات المائية

مقدمة ١٧٩
أولاً : طبيعة البيئة المائية ١٨١
ثانيـاً : طرق دراسة الفطريات المائية ١٨١
ثالثـاً : الفطريات البحرية ١٨٢
١ – منشأ الفطريات البحرية ١٩٣

تابع

الباب الثالث

٢ – تأقلم الفطريات البحرية ١٩٤
٣ – التوزيع الجغرافى والموسمى للفطريات البحرية ١٩٧
٤ – التوزيع الرأسى للفطريات البحرية ١٩٩
٥ – العوامل المؤثرة على مراحل نمو الفطريات البحرية ٢٠٠
أ – إنبات الجراثيم ٢٠٠
ب – النمو الميسليومى ٢٠١
جـ – التجرثم ٢٠١
٦ – المواد والعوائل التى تنمو عليها الفطريات البحرية ٢٠٢
أ – الأخشاب الطافية ٢٠٣
ب – الطحالب والأعشاب البحرية ٢٠٩
جـ – الحيوانات البحرية ٢١٠
رابعـاً : فطريات الماء العذب ٢١٢
١ – الفطريات الكيتريدية ٢١٦
٢ – الفطريات المائية البيضيـــة ٢١٩
أ – رتبة لبتوميتالات Leptomitales ٢١٩
ب – رتبة سابرولجينات Saprolegniales ٢٢٠
*** طرق عزل الفطريات السابرولجينية** ٢٢٦
*** توزيع الفطريات السابرولجينية** ٢٢٧
جـ – رتبة بيرونوسبورات Peronospoales ٢٢٩
٣ – الفطريات الأسكية ٢٢٩
٤ – الفطريات الناقصة الهيفية ٢٣٠
أ – الأهمية الحيوية للجراثيم الرباعية الأذرع ٢٣٨
ب – تغذية الفطريات الهيفية ٢٣٩
خامسـاً : فطريات المياه الراكدة ٢٤٠
سادساً : الدراسات البيئية للفطريات المائية ٢٤٣

تابع
الباب الثالث

سابعاً : التوزيع الجغرافي والموسمي للفطريات المائية ٢٤٨
ثامناً : المراجع ٢٥٥

الباب الرابع
الفطريات الأرضية

أولاً : نشأة الفطريات الأرضية ٢٦١
ثانياً : عشائر الفطريات الارضية ٢٦٤
ثالثاً : طور السكون ٢٦٦
رابعاً : توزيع الفطريات في التربة ٢٦٧
خامساً : نشاط الفطريات في التربة ٢٧١
سادساً : الفطريات الأرضية المتحملة للحرارة والبرودة ٢٧١
١ – الفطريات المتحملة والمحبة للحرارة العالية ٢٧٢
٢ – الفطريات المتحملة للبرودة ٢٧٨
٣ – فسيولوجيا تأقلم الفطريات على درجات الحرارة المختلفة ٢٨٠
٤ – الفطريات المتحملة للجفاف وللضغط الآسموزى العالى ٢٨٦
أ – الفطريات المتحملة للأسموزية ٢٨٧
ب – الفطريات المتحملة للجفاف ٢٨٧
٥ – فسيولوجيا تأقلم الفطريات للنمو تحت ظروف قلة الرطوبة ٢٩٢
سابعاً : المراجع ٢٩٥
ثامناً : الفطريات الأرضية الممرضة للتماسيح ٢٩٩
تاسعاً : المراجع ٣٠٦

الباب الخامس
فطريات الأوراق

مقدمة ٣٠٩
أولاً : الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق ٣١٠
١ – قاطنات سطوح الأوراق ٣١٤
٢ – المترممات الأولية الشائعة الأنتشار ٣١٧
٣ – الفطريات الممرضة للنبات على سطوح الأوراق ٣١٧
٤ – فطريات سطوح الأوراق المؤقتة ٣٢٠
ثانياً : صفات الفطريات المترممة الأولية الشائعة الانتشار ٣٢١
١ – التغذية ٣٢١
٢ – معدلات النمو ٣٢٣
٣ – تحمل الجفاف ٣٢٤
ثالثاً : التراكيب الفطرية المحافظة على حيوية الفطريات ٣٢٧
رابعاً : تتابع عشائر فطريات سطوح وعفن الأوراق ٣٢٨
خامساً : تأثير العوائل النباتية والظروف المناخية على توزيع فطريات سطوح الأوراق ٣٣٠
سادساً : طرق دراسة الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق ٣٤٤
سابعاً : التقدير الكمي لفطريات سطوح الأوراق ٣٤٦
ثامناً : مصدر فطريات سطوح الأوراق ٣٤٨
تاسعاً : بيئة سطوح الأوراق ٣٥٢
عاشراً : حبوب اللقاح كمصدر غذائي ٣٥٥
حادي عشر : العوامل المؤثرة على بيئة سطوح الأوراق ٣٥٧
١ – التلوث ٣٥٧
٢ – العوامل الجوية ٣٦٠

تابع
الباب الخامس

٣ – عمر العائل النباتى ٣٦٥
ثانى عشر : توزيع الفطريات المترممة الأولية الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق ٣٧١
ثالث عشر : تداخل نمو عشائر الفطريات على سطوح الأوراق ٣٧٢
رابع عشر : تأثير فطريات سطوح الأوراق على إسراع شيخوخة الأوراق ٣٧٥
خامس عشر : تفاعلات التضاد الحيوى على سطوح الأوراق ٣٧٨
سادس عشر: فطريات سطوح الأوراق والمكافحة الحيوية ٣٧٩
سابع عشر : التضاد الحيوى من خلال التحلل وإنتاج المضادات الحيوية وتغير رقم الحموضة ٣٨١
ثامن عشر : المواد المفرزة من أوراق النبات ذات التأثير المثبط على نمو الفطريات ٣٨٣
تاسع عشر : تحلل الأوراق الابرية لأشجار الصنوبريات ٣٨٣
عشرون : المراجع ٣٩٣

الباب السادس
فطريات الروث

مقدمة ٤٠٥
أولاً : تأقلم فطريات الروث مع بيئتها ٤١٠
ثانياً : دراسة فطريات الروث ٤١٣
ثالثاً : تتابع فطريات الروث ٤١٥
رابعاً : الفطر *Pilobolus* قاذف القبعة ٤٢٢
خامساً : الفطر *Sphaerobolus* المدفعية الفطرية ٤٣٦
سادساً : الفطر *Basidiobolus* ورحلته العجيبة ٤٣٩

تابع الباب السادس

سابعاً : تحلل براز الحيوانات مفصلية الأرجل ٤٤٣
ثامناً : تخصص فطريات الروث ٤٤٥
تاسعاً : تفسير تتابع ظهور فطريات الروث ٤٥٢
١ – النظرية الغذائية ٤٥٢
٢ – الوقت اللازم للتكاثر ٤٥٣
٣ – التنافس على العناصر الغذائية ٤٥٧
٤ – إنتاج المضادات الحيوية ٤٥٩
٥ – التداخل الهيفى ٤٦٠
٦ – التطفل ٤٦٢
٧ – الافتراس ٤٦٣
٨ – ظاهرة التضافر ٤٦٤
عاشراً : المراجع ٤٦٦

الباب السابع فطريات الرماد

مقدمة ٤٧١
أولاً : التغيرات الكيميائية والطبيعية والحيوية فى التربة بعد تعرضها للحريق ٤٧٣
ثانياً : تقسيم الفطريات المنبعثة من الرماد ٤٧٦
ثالثاً : حث الجراثيم للإنبات بالحرارة ٤٨٦
رابعاً : أثمار فطريات الرماد عقب الثورات البركانية ٤٨٧
خامساً : المراجع ٤٨٨

الباب الثامن
الفطريات والنيماتودا

مقدمة : ٤٩٣
أولاً : ماهى النيماتودا ٤٩٧
ثانياً : الفطريات المتطفلة على النيماتودا ٤٩٩
ثالثاً : الفطريات خارجية التطفل (المفترسات) ٥٠٣
رابعاً : التراكيب الفطرية الصائدة للنيماتودا ٥٠٤
١ – الهيفات اللاصقة ٥٠٤
٢ – الفروع اللاصقة ٥٠٧
٣ – الشباك اللاصقة ٥١٢
٤ – العقد اللاصقة ٥١٩
أ – العقد اللاصقة فى الفطريات الناقصة ٥١٩
ب – العقد اللاصقة فى الفطريات البازيدية ٥٢٣
٥ – الحلقات غير المنقبضة ٥٢٩
٦ – الحلقات المنقبضة ٥٣٠
٧ – آلية فعل الحلقة ٥٣٣
خامساً : الفطريات داخلية التطفل ٥٣٨
١ – الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات الكتيريدية .. ٥٣٩
٢ – الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات البيضية .. ٥٤٣
٣ – الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات الزيجية .. ٥٤٨
٤ – الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات الناقصة .. ٥٤٩
أ – الجراثيم اللاصقة ٥٤٩
ب – الجراثيم المطلة ٥٥٢
٥ – الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات البازيدية ٥٥٦
سادساً : الفطريات المتطفلة على بيض النيماتودا ٥٥٩
سابعاً : طرق دراسة الفطريات المتطفلة على النيماتودا ٥٦٤

تابع
الباب الثامن

ثامناً : توزيع وانتشار الفطريات المتطفلة على النيماتودا ٥٦٧
تاسعاً : الخصائص البيئية للفطريات المتطفلة على النيماتودا ٥٧١
عاشراً : بيولوجيا الفطريات المتطفلة على النيماتودا ٥٧٧
١ - تكوين الجراثيم ٥٧٧
٢ - آلية تكوين المصائد ٥٨٥
حادي عشر : استخدام الفطريات في المكافحة الحيوية للنيماتودا ٥٨٩
ثاني عشر : التوكسينات النيماتودية ٥٩٥
ثالث عشر : المضادات الحيوية ٥٩٩
رابع عشر : الجاذبات الكيميائية ٦٠٢
خامس عشر : تخصص الفطريات المتطفلة على عوائلها النيماتودية ٦٠٥
سادس عشر: المراجع ٦٠٧

الباب التاسع
الفطريات والحشرات

أولاً : الفطريات المتبادلة للمنفعة مع الحشرات ٦١٥
١ - المعاشرات الخارجية ٦٢١
أ - الحشرات القشرية وبيوضها الفطرية ٦٢١
ب - حشرات النمل وحدائقها الفطرية ٦٣٢
جـ - حشرات النمل الأبيض (الأرضة) وفطرياتها ٦٤٨

تابع
الباب التاسع

د – خنافس وفطريات الأمبروسيا ٦٦٣
هـ – دبابير الخشب وفطر *Amylostereum* ٦٧٦
و – حشرات أورام النبات وفطرياتها ٦٨٥
٢ – المعاشرات الداخلية ٦٨٦
٣ – رحلة جزئى النتروجين عبر الأحياء ٦٨٨
ثانياً: الحشرات الناقلة للفطريات الممرضة للنبات ٦٩٠
ثالثاً: الوضع التقسيمى لأهم الفطريات الممرضة للحشرات ٦٩٦
١ – تحت قسم الماستيجومايكوتات ٦٩٦
أ – طائفة الفطريات الكيتريدية ٦٩٦
ب – طائفة الفطريات البيضية ٦٩٩
٢ – تحت قسم الفطريات الزيجية ٧٠١
أ – طائفة الترايكوميسيتات ٧٠١
ب – طائفة الفطريات الزيجية ٧٠٥
٣ – تحت قسم الفطريات الأسكية ٧١٠
أ – تحت طائفة فطريات الخمائر ٧١٠
ب – تحت طائفة الفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية الكروية ٧١١
جـ – تحت طائفة الفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية القارورية ٧١٢
د – تحت طائفة الفطريات الأسكية الحفرية ٧٢٧
٤ – تحت قسم الفطريات البازيدية ٧٤١
٥ – تحت قسم الفطريات الناقصة ٧٤٣

تابع

الباب التاسع

رابعاً: الفطريات الممرضة للحشرات .....

١ – مراحل إصابة الحشرات بالفطريات الممرضة ٧٤٨

أ – التصاق الوحدات الفطرية بجليد الحشرة ٧٤٨

ب – إنبات الجراثيم والنمو المبسيلومي ٧٤٩

جـ – نمو الميسليات خلال تجويف دم العائل ٧٥٠

٢ – رد فعل الحشرة تجاه الإصابة بالفطريات الممرضة ٧٥١

أ – ردود الفعل الدموية ٧٥١

ب – الأعراض الخارجية للإصابة ٧٥٢

٣ – قابلية الحشرات للإصابة بالفطريات ٧٥٣

أ – تأثير عملية الأنسلاخ ٧٥٣

ب – قابلية الأطوار الحشرية المختلفة للإصابة ٧٥٣

جـ – تأثير إصابة الحشرات بممرضات مختلفة ٧٥٤

٤ – العوامل المؤثرة على إصابة الحشرات بالفطريات الممرضة ٧٥٥

أ – الحرارة ٧٥٥

ب – الرطوبة ٧٥٥

خامساً: أهم الفطريات الممرضة للحشرات ٧٥٥

١ – أمراض الحضنة الفطرية التى تصيب حشرات نحل العسل ٧٥٥

٢ – مرض المسكردين فى ديدان الحرير ٧٥٧

٣ – الفطر القاتل للذباب ٧٥٩

٤ – الفطريات المتطفلة على حشرات المن ٧٦٩

٥ – الفطريات الممرضة للحشرات والعناكب ٧٧٤

أ – تقسيم الفطريات الممرضة للعناكب ٧٧٦

ب – بيئة الفطريات الممرضة للعناكب ٧٧٩

تابع
الباب التاسع

سادساً: استخدام الفطريات في المكافحة الحيوية للحشرات ٧٨١

١ – تاريخ المكافحة الحيوية ٧٨٢

٢ – بعض الأمثلة الناجحة للمكافحة الحيوية للحشرات ٧٨٣

٣ – العوامل المؤثرة على تفاعل الفطر المتطفل مع عائله الحشرى ٧٨٥

٤ – شروط استخدام الفطريات فى مكافحة الحشرات ٧٨٧

٥ – الفطريات الناقصة المستخدمة فى المكافحة الحيوية للحشرات ٧٩١

أ – **الفطر :** *Metarhizium anisopliae* ٧٩٢

ب – **الفطر :** *Beauveria brongniartii* **والفطر** *B. bassiana* ٧٩٣

جـ – **الفطر :** *Verticillium lecanii* ٧٩٤

د – **الفطر :** *Verticillium chlamydosporium* ٧٩٧

هـ – **الفطر :** *Nomuraea rileyi* ٧٩٧

و – **الفطر :** *Hirsutella thompsonii* ٧٩٨

ز – **الفطر :** *Culicinomyces clavosporous* ٧٩٩

ح – **الفطر :** *Aschersonia aleyroidis* ٨٠٠

٦ – الفطريات الزيجية المستخدمة فى المكافحة الحيوية للحشرات ٨٠٠

٧ – الفطريات البيضية المستخدمة فى المكافحة الحيوية للحشرات ٨٠٢

سابعاً : الإنتاج التجارى للفطريات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للحشرات ٨٠٢

١ – تخزين اللقاح الفطرى ٨٠٤

٢ – افاق المكافحة الحيوية باستخدام الفطريات الممرضة للحشرات ٨٠٦

ثامناً : المراجع ٨٠٧

الباب العاشر
الفطريات والإنترنت

مقدمة ٨١٧
أولا : مجالات الاستفادة من شبكة الإنترنت فى دراسة الفطريات ٨١٧
ثانيا : استعمال شبكة المعلومات الدولية ٨١٨
ثالثا : الخدمات التى تقدمها شبكة الاتصالات الدولية ٨٢٠
١ - البريد الإليكترونى E. Mail ٨٢٠
٢ - خدمة الاتصال بالشبكات Talent Service ٨٢١
٣ - استخدام برامج خدمة المشتركين ٨٢١
٤ - الشبكة العنكبوتية العالمية (WWW) ٨٢١
رابعا : أهم مراكز علوم الفطريات البحتة والتطبيقية على شبكة الإنترنت ٨٢٢
١ - مكتبة الفطريات التطبيقية للشبكة العنكبوتية الدولية ٨٢٢
٢ - مركز المعلومات العالمى ميسيلوم Mycelium ٨٢٣
٣ - شبكة معلومات عيش الغراب والثروات الفطرية ٨٢٤
٤ - شبكة معلومات عيش الغراب البرى من سلوفينيا ٨٢٤
٥ - شبكة المعلومات الفطرية من كيو - إنجلترا ٨٢٥
٦ - شبكة المعلومات الفطرية بجامعة توبنجن - ألمانيا ٨٢٥
خامسا : المراجع ٨٢٦

ملاحق

ملحق ١ : ملزمة ملونة ٨٣٧
ملحق ٢ : مصطلحات علمية ٨٥٥
ملحق ٣ : الأسماء العلمية الواردة فى هذا الكتاب ٨٧٣

تمهيد

أولاً : نشأة الأحياء الدقيقة :

كوكبنا الذى نعيش عليه هو مركز الحياة بكل صورها ، فلم تسفر الدراسات الحديثة عن وجود حياة ما على الكواكب الأخرى التى عرفها الإنسان مثل المريخ ، أو حتى على القمر ، ولكن يجب ألا يكون ذلك حكماً مسبقاً عن استحالة وجود حياة أو أحياء فى الفضاء الخارجى ، فمازالت وكالات الأنباء تنقل إلينا أخبار وجود اثار لأحياء دقيقة على الصخور المتساقطة على سطح الأرض ، قادمة من الفضاء الخارجى .

ولقد فتح ذلك فرعا حديثا من فروع العلم ، يسعى لدراسة أحياء الفضاء الخارجى Exobiology ، حيث يجهد العلماء أنفسهم للبحث عن احتمالية وجود كائنات حية على الكواكب والأقمار من حولنا ، ومازال ذلك الموضوع يحيطه كثير من الغموض .

وكانت ماهية الحياة وكنهها من أكثر الموضوعات المبهمة المحيرة للإنسان على مر العصور ، وامتلأت أساطير الشعوب القديمة بالكثير عن قصص بداية الخليقة ، واستمد أصحاب هذه الأساطير معلوماتهم المتواضعة مما يدور حولهم .

فقد اعتقد القدماء أن طفيليات الأمعاء تتكون نتيجة فساد الجهاز الهضمى ، حيث يتم تخليق هذه الطفيليات من الغشاء المخاطى المبطن لجدار الأمعاء ،كما اعتقدوا أن الضفادع والثعابين تتوالد من الطمى المترسب على ضفاف الأنهار ، وأن الذباب يتكون من الغذاء المتعفن ، والديدان تتكون من المخلفات الحيوانية .. وهكذا .

ولقد وصل الأمر إلى اعتبار هذه المعتقدات علما يكتب ويدرس خلال العصور الوسطى ، حيث أكد علماء هذه الفترة أن الثعابين غير السامة تتكون من شعر النساء عند القائه فى مكان رطب مظلم ، بينما تتكون الثعابين السامة من الأعمدة الفقرية للجثث التى ارتكب أصحابها ذنوبا فى حياتهم . ودرس تلاميذ الاغريق هذه الخرافات على أيدى علماء وحكماء هذه الفترة ولقرون طويلة .

كما كان الاعتقاد السائد لدى هذه الشعوب القديمة أن المرض عقوبة توقع على الإنسان من قوة خارقة للطبيعة ، وأرجعوا أسباب المرض إلى الأرواح الشريرة ، فعلى

سبيل المثال اعتقد البابليون أن المرض عمل من أعمال الشيطان الذى يطوف على الأرض وخلال الهواء ، ثم وضعوا العديد من التضرعات المطولة والتعاويذ الواقية .

وجاء ابقراط (أبو الطب) Hippocrates (٤٦٠-٣٧٧ قبل الميلاد) يعلم تلاميذه ان الهواء هو مصدر الاوبئة ، ولقد تناول كثيرون بعده هذه النظرية ، فقال بعضهم إن الهواء انما يكون مصدر الوباء بفعل الشيطان ، وقال اخرون انه من عمل اله غاضب من تجاوزات البشر ، وقال غيرهم إنه يحدث بتأثير الأجرام السماوية أو الاهتزازات الأرضية أو هبوب الرياح . ولقد ظلت هذه النظرية ذات سلطان على رجال الطب مدة تزيد على ألفى عام .

ولا يزال هناك من يعتقد ان القحط والحروب والأوبئة انما تنشأ من ظهور علامات فى قرص الشمس ، أو اقتراب الأجرام السماوية بعضها من بعض ، فعلى سبيل المثال عزا المؤرخ المشهور وبستر Webster ظهور الأوبئة الى حدوث الزلازل والهزات الأرضية ، وكذلك العالم سيدنهام Sednham الذى اعتقد بأن هناك حوادث طبيعية لا ترجع فى منشئها إلى الحرارة أو البرودة ، ولا إلى الرطوبة أو الجفاف ، ولكنها تعزى إلى تغيرات خفية فى باطن الأرض ، لا يمكن تعليلها ، تتصاعد منها ذرات تلوث الجو ، وتؤثر فى أجسام الناس فيصابون بالأمراض .

كما اعتقد – فى ذلك الوقت – أن الأراضى المنخفضة والمستنقعات هى الأماكن التى تتصاعد منها هذه الأبخرة الضارة ، فتنتشر وتسمم الهواء . غير أن البحوث التى اجريت بعد ذلك زحزحت نظرية التصاعد من مكانها ، اذ لوحظ انتشار الأوبئة والأمراض فى جميع أنحاء العالم تقريبا .

وكانت تسود بعض الآراء التى يعتقد أصحابها فى أن منشأ المرض يرجع إلى نشاط بعض الأحياء الدقيقة ، إلا أن ذلك كانت تنقصه البراهين التى تؤكده ، وكانت معظم هذه الاراء فلسفية ، وخاصة فى الوقت الذى كانت فيه هذه الأحياء الدقيقة مازالت عالما مجهولا غير مرئى .

ويعتبر الهولاندى ليفنهوك Antony van Leeuwenhock أول من استطاع رؤية الأحياء الدقيقة عام ١٦٧٣ ، وربما كان من المتوقع أن يؤدى هذا الحدث العظيم إلى تقدم سريع فى معرفة الدور الذى تلعبه هذه الأحياء الدقيقة – ومنها الفطريات بطبيعة الحال – فى البيئة من حولنا .

غير أن ذلك لم يتحقق ، وانقضى ما يقرب من قرن من الزمان قبل أن يحدث اكتشاف اخر ذو قيمة علمية . ولم تكن رؤية هذه الأحياء الدقيقة هى العامل المحدد لتطور هذا العلم ، ولكن كان المهم هو معرفة كيف تتكون وما طبيعة نشاطها .

ولقد كان الاعتقاد المسلم به – فى ذلك الوقت – أن الأحياء جميعها تتكون من ذاتها ، فقد ذكر هومر Humer شيئا عن أناس كوّنتهم الطبيعة ، كما لو كانت الأرض قد ولدتهم، وكان فلاسفة الإغريق القدماء وعلى رأسهم أرسطو Aristotle (٣٨٤ – ٣٢٢ قبل الميلاد) يعتقد فى نشأة الكائنات الحية من مواد غير حية ، والتى سميت بعد ذلك بنظرية التوالد الذاتى spontaneous generation واستمرت حتى قرب نهاية القرن الماضى .

ولعله من المثير للتعجب ما وصفه عالم الطبيعيات البلجيكى هيلمونت Baptista van Helmont فى القرن السابع عشر من تعليمات دقيقة عن التوالد الذاتى للفئران ، تتلخص فى وضع بعض حبوب الشعير والقمح فى قاع إناء من الفخار ، ثم يوضع فوقها طبقة من الخرق البالية ، ثم طبقة أخرى من هذه الحبوب ، وفوقها طبقة من الخرق ... وهكذا إلى أن يمتلئ الوعاء .

وبعد الانتهاء من إعداد الوعاء ، يلف بقطعة من القماش ، ويترك فى زاوية قبو مظلم لمدة ثلاثة شهور . وبعد انتهاء المدة يزال الغطاء ، فتشاهد فئران كبيرة تقفز منه ، بينما يلاحظ وجود فئران صغيرة داخل الوعاء بالقرب من سطحه ، وفئران صغيرة جدا تحت التكوين موجودة فى قاع الوعاء !.

وفى القرن السادس عشر ظهرت عدة وصفات لصنع ضفادع ونحل ، حيث دعم نظرية التوالد الذاتى أن هذه الأحياء لم تذكر فى التوراة ضمن الأحياء التى أخذها نبى الله نوح – عليه السلام – مع ما أخذه من أحياء فى الفلك ، فلابد أنها تتكون بطريقة أخرى غير التكاثر المعتاد .

ولقد تطلب تفنيد هذه النظرية الخاطئة مئات السنين من جهود العلماء ، لكى يثبتوا أن كافة صور الأحياء تنشأ فقط من أحياء سابقة ومشابهة لها . ففى منتصف القرن السابع عشر شكك العالم الإيطالى ريدى (١٦٢٦ – ١٦٩٧) Francesco Redi فى نظرية التوالد الذاتى ، بعد أن تأكد بالتجربة من ظهور اليرقات فى اللحم المتعفن الذى ترك مكشوفا لعدة أيام ، وعدم ظهورها فيه لو أحكم عليه الغطاء . وفسر ذلك بوضع

الذباب لبيضه على اللحم المكشوف ، والذى يفقس عن تلك اليرقات التى تـــرى كأنـــها نشأت من اللحم نفسه .

وفى منتصف القرن الثامن عشـــر (عـــام ١٧٤٩م) فســـر الراهـــب الكـــاثوليكى الإنجليزى نيدهام (١٧١٣ - ١٧٨١) John Needham ظهور كائنات دقيقة فى حساء الدجاج وعصير الخضراوات - بعد تسخينها فى أنابيب الاختبار الزجاجية وتغطيتـــها بالفلين لعزلها عن الهواء - بأنها تولدت ذاتيا فى ذلك المحلول المغذى .

وأعاد الباحث الإيطالى ســـبالانزانى Lazzaro Spalanzani (١٧٢٩ - ١٧٩٩) المعاصر لنيدهام التجربة السابقة ، ولكنه أحكم عمليتى التسخين والعزل عن الـــهواء ، فبقى الحساء خاليا من نمو الكائنات الدقيقـــة لمدة طويلة ، وأدى ذلك إلى بداية الشـــك فى نظرية التوالد الذاتى ، وبداية ظهور نظرية الأصل الحيوى للأحياء Biogensis

شكل (م - ١) : العالم الفرنسى لويس باستير Louis Pasteur فى معمله بباريس . ويظهر على منضدة التجـــارب نموذج لقارورة ذات فوهة طويلـــة وضيقة ، من تلـــك التـــى استعملها باستير فى تجاربه لإثبات الأصل الحيوى للأحياء .

كما أدى الفحص الميكروسكوبى لهذه الأحياء الدقيقة التى تسبب فساد اللحوم والمنتجات النباتية إلى نتائج حيرت علماء ذلك العصر ، حيث سادت شكوك قوية عن كيفية تكوين هذه الأحياء ، وعن مصدرها ، سواء أكانت من الهواء أم متكونة ذاتيا من هذه المواد المتعفنة نفسها .

ولقد ظلت هذه الأسئلة – وغيرها – موضع حيرة العلماء مدة طويلة من الزمن ، وكانت التجارب تعطى نتائج مبهمة ، وظل الغموض يكتنف نشأة هذه الأحياء الدقيقة ، ربما استمر ذلك لفترة أطول لولا تجربة حاسمة قام بها احد العلماء الفرنسيين .

وكان هذا العالم الفرنسى هو لويس باسيتر (١٨٢٢ – ١٨٩٥) Louis Pasteur ، الذى أنهى ذلك الجدل الطويل حول قضية أصل الحياة على الأرض بتجارب متقنة، صمم خلالها قارورة لا تسمح بدخول الكائنات الدقيقة إلى المحلول الغذائى بعد تعقيمه بالتسخين، فبقى مدة طويلة دون أن يتلوث . ولقد عرض باستير نتائج هذه الأبحاث القيمة فى جامعة السوربون بباريس فى ٧ من أبريل ١٨٦٤.

ثانيا : المجهر ، ورؤية العالم الخفى :

نشأ علم دراسة الأحياء الدقيقة عندما تعلم الإنسان كيف يصقل الزجاج ليصنع منه عدسات مكبرة ؛ حيث ظهرت أول عدسة مكبرة فى القرن الحادى عشر ، وصنعت أول نظارة فى القرن الثالث عشر فى شمال ايطاليا ، وكانت تعتبر – حينذاك – من الأدوات الباهظة الثمن . وهكذا بدأت صناعة المجاهر (الميكروسكوبات) ، التى جعلت فى الإمكان رؤية العالم الخفى .. عالم الأحياء الدقيقة .

ولقد تنبأ كثيرون بوجود الأحياء الدقيقة دون أن يشاهدوها ؛ ففى القرن الثالث عشر ، افترض باكون Roger Bacon ان الأمراض تنتج عن مسببات حية غير مرئية . وكان ذلك رأى كثيرين ؛ مثل فيرونا (١٤٨٣ – ١٥٥٣) F. Verona ، وبلانسيز (١٧٦٢) Plenciz ، ولكن لم يتوافر لديهم الدليل القاطع لإثبات افتراضهم .

وفى عام ١٦٥٨ ، وصف الراهب كريشر Kricher هذه الأحياء الدقيقة دون أن يراها ، واعتقد أنها ديدان صغيرة غير مرئية للعين المجردة ، تتسبب فى تلف اللحم وغيره من المواد الغذائية .

وكانت بداية عصر رؤية عالم الأحياء الدقيقة على يد صانع العدسات الهولندى ليفنهوك Antony van Leeuwenhock " ؛ والذى عاش فى دلفت Delft فى الفترة من عام ١٦٣٢ إلى ١٧٢٣ ؛ حيث سجل أولى مشاهداته لذلك العالم الخفى المثير عام ١٦٧٣ ، واستمر بعد ذلك – ولمدة نصف قرن – فى فحص ومراقبة الأحياء الدقيقة باستعمال مجاهر بسيطة صغيرة الحجم مكونة من عدسة واحدة .

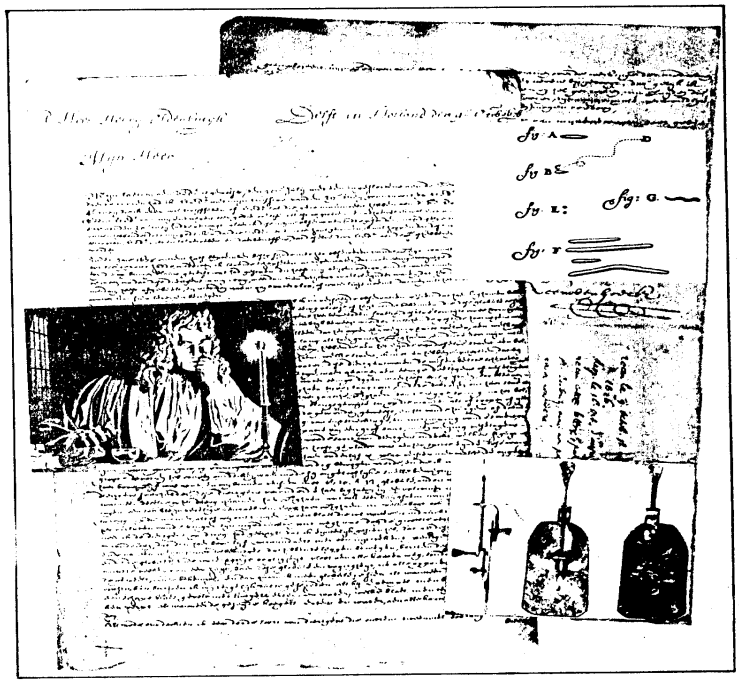
ولم يكتف " ليفنهوك " بالفحص والمشاهدة ، بل دون مشاهداته ورسمها . ولقد قاده فضوله اللانهائى إلى البقاء ساعات طويلة لفحص العينات التى كان يجمعها من البرك ، ومياه الأمطار ، بل ومن بقايا الطعام بين أسنانه وأسنان الاخرين . وتوضح رسوماته أنه شاهد بعض أنواع من البروتوزوا والبكتيريا والخمائر والفطريات .

وساعد " ليفنهوك " على عمله خبرته فى صناعة العدسات ؛ حيث تمكن بمفرده من تصميم أكثر من ٢٥٠ نظاما مجهريا مختلفا . وفى احد هذه الأنظمة ، كانت العدسة العينية عبارة عن عدسة محدبة الوجهين ، صغيرة فى حجم رأس الدبوس ، ذات بعد بؤرى قصير ، وتعطى تكبيرا للمرئيات من ٢٥٠ مرة إلى ٣٠٠ مرة .

وبمساعدة هذه المجاهر (الميكروسكوبات) استطاع " ليفنهوك " رؤية عديد من أنواع الكائنات الدقيقة المختلفة ، وأطلق عليها اسم " الحيوانات الوحشية (البرية) الصغيرة " ، وسجل فى كتابه " أسرار الطبيعة المكتشفة بواسطة المجهر " هذه المشاهدات والرسومات العلمية القيمة .

وعلى الرغم من أن قوة التكبير للمجاهر البدائية التى استخدمها " ليفنهوك " كانت متواضعة ، إلا أنه استطاع باستخدامها فتح عصر مشاهدة العالم الخفى المثير للأحياء الدقيقة . كما كان " ليفنهوك " بارعا متفتح الذهن ، ذا عقل واع ، استطاع أن يسجل مشاهداته ، ويرسلها إلى الجمعية الملكية البريطانية British Royal Society فى مجموعة من الخطابات تزيد على ٢٠٠ خطاب .

وكان أول خطاب أرسله " ليفنهوك " إلى هذه الجمعية (حاليا : أكاديمية العلوم الإنجليزية) بتاريخ ٧ من سبتمبر عام ١٦٧٤ ؛ حيث أرسله إلى سكرتير الجمعية – حينذاك – أولدينبرج H. Oldenburg ، ووصف فيه هذه الحيوانات الوحشية (البرية) الصغيرة التى شاهدها تتحرك تحت المجهر . وأعلن " ليفنهوك " عن نتائج أبحاثه بعد ذلك ، إلا أنه لم يفصح عن سر تصميم مجهره .

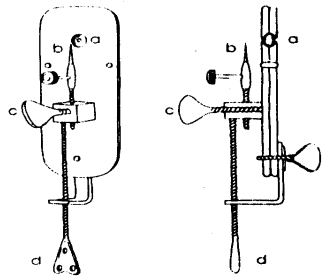


شكل (م – ٢) : العالم الهولاندى ليفنهوك Antony Van Leeuwenhock أول من شاهد الكائنات الحية الدقيقة باستعمال ميكروسكوب (مجهر) بسيط التركيب، صممه بنفسه من عدسة واحدة . ولقد سجل ليفنهوك مشاهداته فى خطابات أرسلها إلى الجمعية العلمية الملكية بلندن.

وقد قابل أغلبُ علماء هذه الجمعية ملاحظات ومشـــاهدات " ليفنـــهوك " حينـــذاك بالسخرية ، إلا أن بعضهم عضده ؛ مثل العالم روبرت هوك (١٦٣٥ – ١٧٠٣) R. Hooke الذى طور صناعة الميكروسكوبات بعد ذلك ؛ مخترعا الميكروسكوب المعقـــد ذا العدسات العديدة .

ولقد ذهبت اكتشافات " ليفنهوك " إلى ما وراء عالم الأحياء الدقيقة ؛ حيث أســـهمت فى إظهار مدى الأهمية الحيوية للكائنات الحية الدقيقة والدور الذى تلعبـــه فـــى حيـــاة الإنسان والبيئة من حوله ، وأيضا فى دراسة الأحياء الكبيرة ومشاهدة تفاصيل هامة لم تكن متاحة عن طريق الفحص بالعين المجردة .

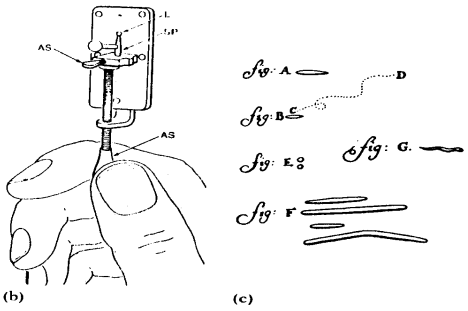
فعلى سبيل المثال ، قدم " ليفنهوك " الدليل العلمى لدعم نظرية " هارفى " للـــدورة الدموية William Harvey`s Theory of Blood Circulation ؛ وذلك عـــن طريـــق اختراعه للمجهر المائى Aquatic Microscope ؛ حيث أتاح ذلك الجـــهاز الفرصـــة للباحثين لفحص تدفق كرات الدم الحمراء خلال الشعيرات الدموية فى الزعنفة الذيليـــة للسمك .



شكل (م – ٣) : تركيب مجهر " ليفنهوك " ؛ حيث تثبت العدســـة (a) بين صفيحتين معدنيتين ، بينما توضع العينة المراد فحصها على قمة العمـــود المعدنـــى (b) . ويتـــم ضبط دقة الفحص عن طريق مفتاح لولبى (c ، d) .

ومن ناحية أخرى ، تمكن " ليفنهوك " عام ١٦٨٢ من فحص ليفـــات العضـــلات ، وأيضا فحص خلايا دم السمك فى العام نفسه ، وفى عام ١٧١٧ استطاع فحص الغلاف الدهنى myelin sheath للألياف العصبية . ولاعجب أن تكون مثل هـــذه الاكتشافـــات المثيرة نقطة تحول فى عديد من العلوم الحيوية التطبيقية .

ونظرا للمجهودات العلمية القيمة التى قام بها " ليفنـــهوك " فـــى مجـــال الفحـــص المجهرى ؛ فإنه يعتبر أبا علم الأحياء الدقيقة Microbiology وعلم الدم Hematology وعلم الأنسجة Histology وعلم الحيوانات الأوليـــة Protozoology ، وغيرهـــا مـــن العلوم الأخرى التى لعب فيها الفحص المجهرى دورا فعالا فى الفحص والبحث .



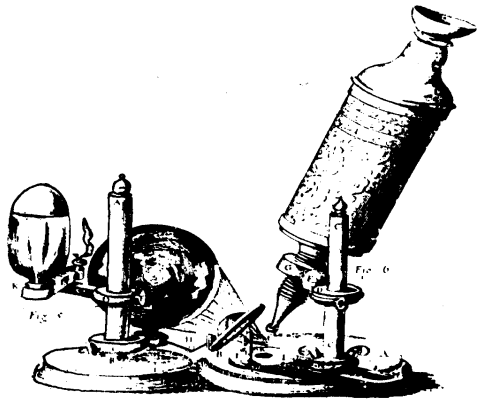
شكل (م – ٤) : كيفية استعمال ميكروسكوب " ليفنهوك " البسيط فى الفحص ، وأيضـــا يظـــهر حجم الميكروسكوب بالنسبة إلى أصابع اليد .
(L) : عدسة مكبرة مثبته بين صفيحتين رقيقتين من المعدن .
(P) : عمود معدنى للفحص ، يتحرك عن طريق مسمار لولبى (As) .
يتم الفحص عن طريق حمل الميكروسكوب وتقريبه من العيـــن ، مـــع وضـــع مصـــدر ضوئى فى الجهة المقابلة للعدسة . ويوضح الرســـم بعـــض أشكـــال البكتيريا التى رسمها العالم الهولاندى " ليفنهوك " ، تشمـــل أشكـــالا عصويـــة وكروية ولولبية .

وبعد موت " ليفنهوك " ، قل الاهتمام بدراسة الكائنات الحية الدقيقة لفترة ؛ ويرجع ذلك إلى صعوبة تطوير صناعة المجاهر (الميكروسكوبات) ، ولم يظهر مجهر أفضل مما صنعه " ليفنهوك " . بالإضافة إلى عدم اهتمام علماء الأحياء بهذه الكائنات الحية الدقيقة التى اكتشفها " ليفنهوك " ؛ وذلك لاعتبارها لا تزيد على كونها كائنات شاذة غريبة الأطوار ، ليس لها أهمية واضحة فى حياة الإنسان .

ولقد استمر ذلك التجاهل قائماً حتى ظهر العالم الفرنسى " لويس باستير " L. Pasteur " ، وأوضح بتجاربه العلمية الدور الذى تلعبه الأحياء الدقيقة فى صحة الإنسان وحياته . وترتب على هذه الأهمية تطور صناعة المجاهر ؛ حيث استطاع روبرت هوك (١٦٣٥ - ١٧٠٣) - عالمُ الطبيعة الإنجليزى ورئيس الجمعية العلمية الملكية فى ذلك الوقت - تصميم مجهر معقد مكون من ثلاث عدسات (شكل م - ٦) .

ولم يكن اكتشاف ذلك العالم الخفى من الأحياء الحية الدقيقة ذا تأثير فعال على المجالات العلمية فحسب ، بل لقد تعدى ذلك إلى زيادة الجدل حول أصل الحياة ومنشئها ؛ فأضاف زيتاً إلى النار المشتعلة بين علماء هذا العصر ، بإضافة احتمال جديداً عن أصل الحياة على الأرض ؛ مما أثار حفيظة رجال الكنيسة ، وكانت هذه بداية النهاية لتدخل الكنيسة فى النظريات العلمية .

شكل (م - ٥) : رسم تخطيطى للعالم هوك يوضح فيه فطر العفن الأزرق (عام ١٦٦٥) .



شكل (م – ٦) : الميكرسكوب المركب الذى صممه العالم روبرت هوك R. Hooke .

ثالثاً ـ الفطريات ..عالم بلا حدود :

على الرغم من أن دراسة الفطريات لم تبدأ إلا منذ أقل من ثلاثة قرون خلت ، إلا أن الإنسان عرف نشاطها الحيوى منذ فجر التاريخ ، فلقد كانت المجتمعات البشرية القديمة على علم بيّن بالتخمر الحيوى biological fermentation حيث أعتقد المصريون القدماء أن ذلك منحة من الإله الأكبر أوزيريس Osiris للبشرية ، ثم أظهر العلم الحديث – بعد آلاف السنين – دور فطريات الخميرة فى هذه العملية الحيوية الهامة (Alexopoulos et al., 1996) .

ولقد قدس قدماء الرومان آلهة الخمر ديونيسيس Dionysius وباخوس Bacchus ، وأقاموا أعيادا صاخبة احتفالا بالهتهم ، أطلقت عليها أسماؤهم **Dionysia** ، **Bacchanalia** ؛ حيث أباحوا خلالها شرب الخمر بالمجان .

كما عزى قدماء الرومان ظهور ثمار عيش الغراب والكمأة إلى البرق الذى ينطلق فى السماء بقوة الإله جوبيتر Jupiter كبير آلهتهم ، الذى يرسل سهامه المشتعلة إلى الأرض ، فتظهر الثمار عظيمة القيمة الغذائية بفضل بركة هذا الإله .

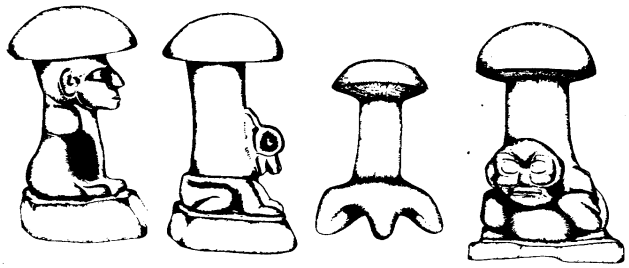
وكذلك الحال فى العصر الحديث ، فإن أهالى وسط أمريكا – فى المكسيك وجواتيمالا – كانوا يعتقدون حتى القرن السابع عشر فى ارتباط ظهور ثمار عيش غراب الذبابة fly agaric *(Amanita muscaria)* بظهور البرق والرعد ، كما استخدم السكان الأصليون لهذه البلاد فطر عيش الغراب ذا الأقدام الداكنة *Psilocybe cubensis* المؤثر على العقل والإدراك hallucinogenic mushroom خلال طقوسهم الدينية (Wasson, 1980) .

واعتقد أهالى هذه المناطق من العالم الجديد من أمريكا الشمالية فى بعض الظواهر الخارقة للطبيعة والتى تكونها الأجسام الثمرية لبعض فطريات عيش الغراب الرفيعة ، مثل الفطر *Fomitopsis officinalis* الذى يكوّن أشكالاً تشبه الأشباح ، والتى كان يستعملها الكهنة خلال طقوسهم الوثنية (Blanchette et al., 1992) .

ولقد استعملت بعض ثمار عيش الغراب الرفية فى العلاج منذ العصر الحجرى ، حيث اكتشف فى رواسب الثلج المنصهر بجبال الألب قطع من ثمار فطر عيش غراب رقى تُقبى يعتقد أنه الفطر *Piptoporus betulinus* فى جراب جلدى لأحد صيادى هذا الزمن السحيق (Rensberger, 1992) .

وشاهد الإنسان البدائى بعض ثمار عيش الغراب المضيئة – فيما يسمى الاستضاءة الحيوية Bioluminescence – تشع بنورها فى ظلام الغابة الحالك ، حيث أطلق عليها أسماء دارجة ، مثل نار الثعلب **fox fire** ، وأشباح الغابة **ghosts of the forest** . كما أن هناك أنواعاً من عيش الغراب تعرف باسم الوجه المضئ **Jack-O-Lantern Mushroom** ؛ وهو الفطر *Clitocybe illudens* ؛ حيث ينبعث ضوء خافت من خياشيمه خلال الظلام (Glawe & Solberg, 1989) .

شكل (م – ٧) : رسم من القرن السادس عشر مأخوذ من على جدار أحد معابد هنود المكسيك ، يمثل رجلا جالسا على الأرض يتناول قطعا من ثمار عيش الغراب ذى الأقـــدام الداكنة ، ويتخيل خلفه روح ثمرة عيش الغراب تلمس رأسه وتمنحه البركة .



شكل (م – ٨) : بعض التماثيل الحجرية بشكل ثمار عيش الغراب ، والتـــى عـــثر عليـــها فـــى جواتيمالا بأمريكا الوسطى ، حيث كانت تستخدم خلال طقوس تقديس ثمار عيش الغراب التى كان يقوم بها هنود المكسيك .

وفى حالات أخرى ، كان هذا الضوء ينبعث من الخشب الذى تتخلله هيفات مثل هذه الفطريات المضيئة ؛ حيث يتوهج ذلك الخشب فى الظلام . ولقد استعملت بعض الشعوب القديمة هذا الخشب المضئ لإنارة الطرق ، كما استعمل الجنود – خلال الحرب العالمية الأولى – أجزاء من هذا الخشب المضئ لتزيين خوزاتهم وحرابهم حتى يعرف بعضهم بعضا خلال القتال الليلى .

وعلى الرغم مما سبق ، فإن قليلين من هم على بينة بالكيفية التى ترتبط بها حياتنا ارتباطا وثيقا بالفطريات ونشاطها ، حتى يمكن القول إنه قلما يمر بنا يوم من الأيام دون أن تنالنا منفعة أو يصيبنا ضرر من تلك الكائنات الحية الدقيقة ، سواء بطريقة مباشرة أم غير مباشرة .

وإذا كان عمرك دون الخمسين عاما ، فإنه ربما يكون من الصعوبة بمكان أن تدرك كم أمكن إنقاذ حياة الكثيرين بواسطة المضاد الحيوى بنسلين Penicillin ، حيث لم يكن هذا المضاد الحيوى متوفرا قبل بداية الحرب العالمية الثانية ، إلا أن إنتاجه بوفرة خلالها أنقذ حياة الاف الجرحى ، أو على الأقل أنقذ أطرافهم من البتر .

وتنمو مستعمرات الفطريات فى الطبيعة مكونة نموات ميسليومية لا حدود لها ، قد تصل فى نموها إلى أرقام يصعب تخيلها ، فلقد وجدت مستعمرة للفطر *Armillaria bulbosa* تغطى مساحة قدرها ٣٠ فدانا فى غابة متشجان Michigan بالولايات المتحدة، حيث قدر وزن الثالوس الفطرى بنحو عشرة أطنان ، ويعتقد أن عمر هذه المستعمرة أكثر من ١٥٠٠ عام . وربما يكون من الصعب مقارنة الفطر السابق بالأحياء العملاقة المعاصرة كالحيتان والأشجار ، والتى يتضاءل حجمها بالمقارنة بمستعمرة الفطر السابقة (Smith et al., 1992) .

وتكوّن عديدٌ من الفطريات الهيفية والخمائر مستعمرات متداخلة على سطوح الأوراق يطلق عليها اسم فطريات سطوح الأوراق (الفيللوسفير phyllosphere) . وتلعب هذه الفطريات دورا هاما فى تضاد المسببات المرضية ، والإسراع من شيخوخة أوراق النباتات (أبحاث للمؤلف Ahmed, 1983 و Ahmed & Saleh, 1987 و Ahmed 1988 a,b) .

كما تلعب الفطريات دورا هاما فى النطاق البيئى Ecosphere من حولنا ، حيث

تعتبر العامل الحيوى الحاسم فى تحليل المواد العضوية وإعادتها إلى مكوناتها الأولية ، وهذا يحافظ على التوازن الطبيعى ، ويوفر المواد الأولية التى تستعمل فى تكوين مواد عضوية جديدة تدخل فى تركيب أحياء أخرى داخل نظامنا الحيوى .

فعلى سبيل المثال ، تعتبر الفطريات العامل الأساسى فى تحليل السليلوز واللجنين فى بيئة الغابات ، وكذلك تحليل مخلفات الحيوانات العشبية ، حيث تتحكم هذه العملية فى إنتاج الكتلة الحيوية biomass production عن طريق تحلل الخشب وانسياب المواد الغذائية إلى النظام البيئى الذى يصاحب موت الأشجار (شكل م – ٩) .

وعلاوة على ما سبق ، فإن الفطريات مسئولة عن تحلل أنواع عديدة من المنتجات الخشبية ، مثل ألواح الأخشاب والمنتجات الخشبية والأخشاب المستعملة فى صناعة فلنكات السكك الحديدية وأعمدة التليفونات وغيرها .

وعلى الرغم من معاملة مثل هذه المنتجات الخشبية بمواد كيميائية تحفظها من الرطوبة ، أو بمواد تحميها من نمو الفطريات عليها ، إلا أن ذلك لا يمنع أن تكون هذه المنتجات الخشبية عرضة لهجوم فطريات العفن التى تحللها .

ويعتبر الفطر *Serpula lacrimans* من أكثر الفطريات المحلله للخشب انتشارا وخطورة ، وهو يسبب ما يعرف بالعفن الجاف dry rot . ولقد سبب هذا الفطر أضرارا بالغة فى سفن الحرب الخشبية خلال القرن الماضى ، ومازال يسبب أضرارا لوحدات البناء الخشبية والأرضيات وغيرها من المنشآت المصنوعة من الخشب ؛ حيث يمكن مقارنة الخسائر الناتجة عنه بتلك الناتجة عن النمل الأبيض (الأرضة Termite) بالولايات المتحدة (Findley, 1982) .

وتستطيع الفطريات مهاجمة عديد من المنتجات التى نستعملها فى حياتنا اليومية ؛ مثل : المواد الغذائية ، والمنتجات الجلدية ، والأقمشة ، ومواد التلوين والصباغة ، والمنتجات البترولية المختلفة كالوقود والزيوت ، وغيرها من المواد العضوية التى لا حصر لها .

ولا يقف ضرر الفطريات على تحليل المواد السابقة وعلى عفن الأغذية ، بل يتعدى ذلك إلى إنتاج بعض السموم الفطرية mycotoxins مسببة تسمما للإنسان أو الحيوان الذى يتغذى عليها . ومن أمثلة هذه السموم ، توكسينات ochratoxins التى تنتج عن

الفطريات *Aspergillus ochraceus* عند نموها على حبوب الغلال ، وتوكسين Aflatoxin الذى ينتجه الفطر *A. flavus* و *A. parasiticus* عند نموهما على ثمار الفول السودانى والبكان وحبوب الذرة والشوفان ، وتوكسينات fumonisins التى ينتجها الفطر *Fusarium moniliforme* على الذرة .

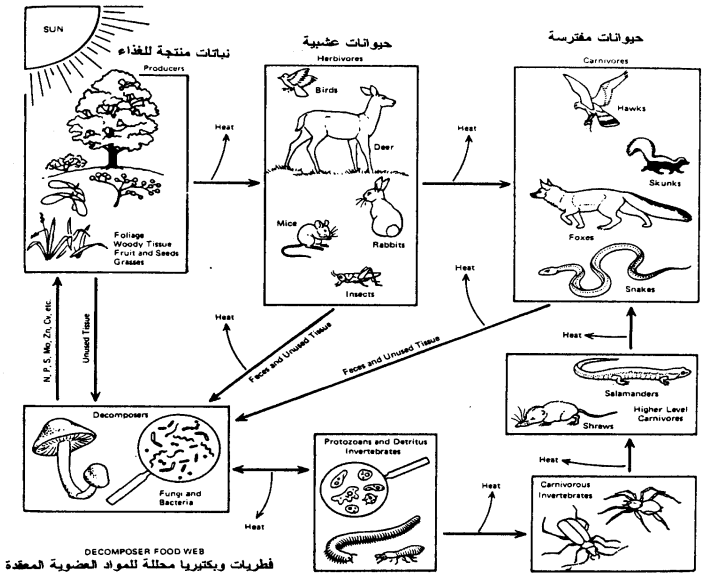
ولقد سببت مثل هذه التوكسينات مشاكل صحية لا حصر لها فى عديد من دول العالم ، مثل بلغاريا ورومانيا ويوغسلافيا ، ووجد أن بعض التوكسينات الفطرية – مثل الأفلاتوكسين – ذات تأثيرات مسرطنة carcinogenic compounds ، ويسبب بعضها سرطان الكبد فى الإنسان (Ames et al., 1987) .

كما يؤدى تغذية الحيوانات على علف ملوث بالفطريات المفرزه للتوكسينات إلى إصابتها بأمراض خطيرة ، مثال ذلك إصابة الخيول بالأمراض العصبية القاتلة ، والخنازير بأمراض الجهاز التنفسى ؛ وذلك نتيجة تلوث حبوب الذرة بفطر *Fusarium moniliforme* .

وهناك أنواع أخرى من الجنس *Fusarium* منتجة لتوكسينات أخرى قاتلة ، يقال إنها استخدمت كأسلحة حيوية فى فيتنام وأفغانستان . وهناك توكسينات أخرى تنتج عن فطر الأرجوت *Claviceps purpurea* الذى يهاجم عديدا من النباتات النجيلية كالشوفان، وينتج عن إصابتها تكوين أجسام حجرية sclerotia فى السنبلة .

وتحتوى الأجسام الحجرية لفطر الأرجوت Ergot على عديد من الألكالويدات السامة toxic alkaloides تسبب تقلصات عصبية بسبب تأثيرها على الجهاز العصبى المركزى . وتعتبر هذه الألكالويدات سامة للحيوانات الآكلة العشب التى تتغذى عليها، وهى كذلك سامة للإنسان إذا تغذى على دقيق الشوفان الملوث بهذه الأجسام الحجرية الصغيرة.

ولقد عانت البشرية – فى الماضى – من آثار التسمم بهذا الفطر ؛ حيث أطلق عليه اسم التسمم الإرجوتى Ergotism ، والذى كانت تظهر أعراضه على صورة آلام مبرحة راجعة إلى اضطراب الدورة الدموية . ولقد أطلق على هذه الأعراض اسم حمى القديس أنتونى St. Anthony`s Fire أو الحمى المهلكة Holy Fire .



شكل (م - ٩) : رسم مبسط يوضح شبكة العلاقات الغذائيـــة المعقدة فى الطبيعة والتى تشـــــارك فيها الفطريات فى تحليل المـــواد العضوية المعقدة إلى مواد بسيطة ، تســـــتفيد منها عديد من الكائنات الحية الأخرى .

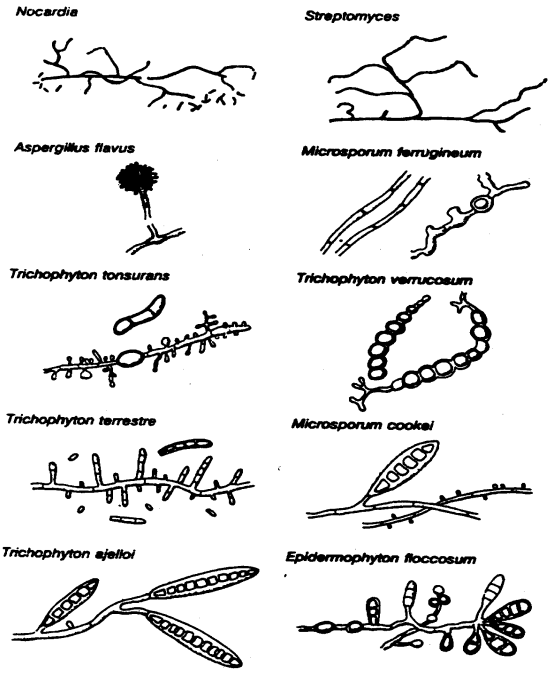
ومع التقدم العلمى ، أمكن التعرف على خطورة هذه الأجسام الحجرية لفطر الأرجوت ، واستبعادها من حبوب الشوفان المستعملة فى غذاء الإنسان أو علف الحيوانات . وأيضا أمكن الاستفادة من هذه المواد الألكالويدية فى وقف النزيف أثناء الولادة ، وعلاج الصداع النصفى . وحاليا يتم إنتاج الأجسام الحجرية لفطر الأرجوت بكميات كبيرة لإنتاج عديد من الأدوية بصورة تجارية .

ومن ناحية أخرى تسبب بعض الفطريات أمراضا للإنسان ؛ حيث إن بعضها يصيب الجلد مسببا أمراض التينيا Tinea ؛ مثل : فطريات *Microsporus* ، و *Trichophyton* ، و *Epidermophyton floccosum* ، بينما تهاجم بعض الفطريات الطبقة التحت سطحية من الجلد ؛ مثل : *Basidiobolus* ، و *Candidiobolus* .

وهناك فطريات أخرى تصيب الرئة ؛ مثال ذلك الفطر *Aspergillus fumigatus* و *Nocardia asteroides* ، كما تسبب أنواع من الفطريات بعض أمراض الحساسية للجهاز التنفسى نتيجة وجود جراثيمها فى الهواء ، مثال ذلك جراثيم فطر عيش الغراب المحارى *Pleurotus ostreatus* . وهذه الحساسية قد يصاب بها بعض الأفراد دون الأخرى ، وهى تشبه حساسية البعض من وجود حبوب اللقاح فى الجو خلال فصل الربيع .

وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن بعض الفطريات يصيب الجهاز العصبى المركزى للإنسان ؛ مثل : الفطر *Nocardia brasiliensis* ، وفطريات أخرى تهاجم العين والأذن الداخلية مثل الفطر *Aspergillus fumigatus* ، وفطريات تهاجم الدم مثل الفطر *Histoplasma capsulatum* ، بينما يهاجم الفطر *Candida albicans* الأغشية المخاطية .

وتعتبر الفطريات من أهم الكائنات الحية الدقيقة المنتجة للمواد المفيدة طبيا للإنسان ، وعلى رأس هذه المواد المضادات الحيوية . فعلى سبيل المثال ينتج البنسلين من فطر *Penicillium chrysogenum* والذى اكتشفه عالم الأحياء الدقيقة ألكسندر فلمنج A. Fleming عام ١٩٢٨ . ولقد اهتم كثير من الباحثين بتطوير إنتاج هذا العقار العجيب مع بداية عام ١٩٤٠ ، وخاصة فى قسم الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية .



شكل (م - ١٠) : بعض الفطريات الممرضة للإنسان .

وهناك مضادات حيوية أخرى تنتجها الفطريات ؛ مثل المضاد الحيوى Cephalosporins المنتج بواسطة الفطر *Cephalosporium acremonium* . ويعمل هذا المضاد الحيوى على قتل البكتيريا – شأنه فى ذلك شأن البنسلين – وذلك من خلال تثبيط الإنزيمات الخاصة بتكوين جدارها الخلوى .

وعلاوة على ما سبق ، فلقد اكتشف فى السنوات الأخيرة أحد المركبات الكيميائية الهامة التى تنتجها الفطريات ؛ وهو مركب السيكلوسبورين Cyclosporin ، حيث يباع تجاريا تحت اسم **Sandimman** و **Sandimmune** ، ويعمل هذا المركب على خفض مناعة الجسم لنقل الأعضاء Immunosuppressant agent . ويفرز هذا المركب من الفطر *Cylindrocarpon lucidum* والفطر *Tolypocladium inflatum* ؛ وهما من فطريات التربة (Borel, 1982) .

ومازلت هناك مواد طبية هامة تفرزها الفطريات لم يتم الكشف عنها بعد ؛ ففى دراسة حديثة وجد أن بعض الفطريات قادرة على إنتاج التاكسول Taxol ، وهو عقار طبى يتم الحصول عليه حاليا بكميات قليلة للغاية من لحاء شجرة الطقوس Yew tree – وهى شجرة دائمة الخضرة تتبع الفصيلة الصنوبرية – حيث يستخدم هذا العقار فى علاج مرض سرطان المبيض ovariam cancer (Alexopoulos et al., 1996) .

ولقد استعملت عديد من الفطريات فى العلاج منذ الحضارات البشرية القديمة ، حيث أطلق على ذلك اسم " طب الأعشاب herbal medicine " . فعلى سبيل المثال استخدمت الأجسام الثمرية لبعض الفطريات الرفية bracket fungi فى التداوى فى المجتمعات البشرية البائدة ، ومازال بعضها يستخدم حتى الآن ، بل ويزرع تجاريا؛ مثال ذلك فطر عيش الغراب الرفى *Ganoderma lucidum* .

كما استخدمت جراثيم الكرات النافخة puffballs كمادة موقفة للنزيف فى أوروبا ، وربما كان ذلك هو سبب احتفاظ قدماء الرومان بكميات منها ؛ حيث وجدت هذه الجراثيم داخل قوارير صغيرة محفوظة فى فجوات على طول السور الذى بناه القيصر الرومانى هارديان (117 - 138) Hardian لتأمين حدود مملكته . ولقد سمى هذا السور باسم القيصر الرومانى (سور هارديان Hardian s wall) .

وفى أمريكا الشمالية ، استخدمت الكتل الميسليومية للفطر *Fomitopsis officinalis* الموجودة على الخشب المتعفن بواسطة الحطابين لوقف النزيف الناتج عن جروح بلط تقطيع الكتل الخشبية (Gilbertson, 1980) .

ومن ناحية أخرى كانت بعض الفطريات مصدرا هاما لغذاء الإنسان على مدى التاريخ ، مثال ذلك فطريات عيش الغراب mushrooms التى كانت تجمع بريا ، ثم بدأت زراعتها فى الصين منذ القرن السادس الميلادى ، بينما لم تبدأ زراعتها فى أوربا إلا عام ١٦٥٠ ؛ حيث زرع لأول مرة فى فرنسا ، ثم انتشرت زراعته بعد ذلك فى دول أوروبا حتى وصلت إلى الولايات المتحدة عن طريق انجلترا وذلك عام ١٨٧٠ .

ومنذ ذلك الحين ، تطورت زراعة عيش الغراب فى جميع أنحاء العالم ، ووصل الإنتاج التجارى له إلى أكثر من ٤ مليون طن مترى سنويا . وهناك العديد من أنواع عيش الغراب التى تزرع عالميا ، مثل : عيش الغراب العادى *Agaricus bisporus* ، وعيش غراب المروج *A. brunnescens* ، وعيش الغراب المحارى *Pleurotus ostreatus* ، وعيش غراب الشيتاكى *Lentinus edodus* ، وعيش غراب القش *Volvariella volvaceae* وعيش غراب الشتاء (الاينوكيتاكى) *Flammulina velutipes* .

ولقد بدأت زراعة عيش الغراب فى مصر بصورة تجارية منذ منتصف الثمانينات من هذا القرن ، وتزرع حاليا أنواع عديدة من عيش الغراب ؛ مثل عيش الغراب العادى والمحارى . ولمزيد من المعلومات يمكن الرجوع إلى موسوعة عيش الغراب العلمية (للمؤلف) – الدار العربية للنشر والتوزيع ١٩٩٥ ، وعيش الغراب وعالمه الساحر (للمؤلف) – دار المعارف ١٩٩٧ .

كما ذكرت الاستخدامات الطبية لبعض أنواع عيش الغراب المأكولة ، بداية من قدرتها على منع تكوين الأورام antitumor effect إلى خفض نسبة الكوليسترول فى الدم hypocholestrolemic effect . كما ذكر أن بعض أنواع عيش الغراب مثيرة للشهوة الجنسية aphrodisiacs ، ويعتقد أنها مفيدة للمتقدمين فى العمر (أبحاث Findlay, 1982 ; Claydon, 1984 ; Flynn, 1991) .

ومن فطريات عيش الغراب الأخرى الغالية الثمن فطريات المورشيلا Morels والكمأة Truffles ؛ حيث تتعايش هذه الأنواع من الفطريات مع جذور بعض الأشجار فى عيشة تبادل المنفعة ، يطلق عليها اسم الجذور الفطرية الخارجية Ectomycorrhizae . وفى الوقت الذى تظهر فيه ثمار المورشيلا فوق سطح الأرض epigeal ، تتكون ثمار الكمأة تحت الأرض hypogenal .

وتجمع ثمار الكمأة باستعمال كلاب أو خنازير مدربة ، وتباع الكمأة الأوروبية فى أسواق العالم بمئات الدولارات للرطل الواحد ، ويصل سعر المورشيلا إلى هذا الرقم تقريبا . ويعتبر جمع مثل هذه الفطريات البرية من أماكن تواجدها من الهوايات الشعبية المحببة التى يقبل عليها الأوربيون فى أوقات فراغهم وعطلات نهاية الأسبوع .

إلا أن هناك أنواعا أخرى من عيش الغراب البرى تكون غير مأكوله يطلق عليها اسم toadstools ، وبعضها ضار بصحة اكليه ، وقد يكون سما ومهددا لحياة ضحاياه . كما أن بعض ثمار عيش الغراب البرية ذات تأثيرات على العقل والإدراك hallucinogenic mushrooms ؛ حيث يقوم الهواة بجمعها واستخدامها أو بيعها للآخرين .

وتنتشر فى أوروبا والولايات المتحدة عديد من نوادى هواة جمع ثمار عيش الغراب البرية المحلية Local Amateur Mycology Clubs ؛ حيث تعمل على تعليم أعضائها كيفية التمييز بين الأنواع المأكولة والضارة من فطريات عيش الغراب ، كما تصدر بعض هذه الجمعيات صحف أو مجلات دورية لنقل خبرة أعضائها إلى العامة ، مثال ذلك صحيفة **Macilvania** التى تصدرها الجمعية الفطرية لأمريكا الشمالية The North American Mycological Association .

وهناك أنواع أخرى من الفطريات المأكولة التى لا تنتمى إلى فطريات عيش الغراب، مثال ذلك الثمار ذات الألوان الزاهية التابعة للجنس *Cyttaria* . ويتطفل هذا الفطر على أشجار الزان من الجنس *Nothofagus* منتجا عددا كبيرا من الأجسام الثمرية ذات الألوان البرتقالية والصفراء وبحجم كرات الجولف على الأفرع الحية للعائل النباتى .

وتتميز هذه الثمار بمذاقها الحلو ، وهى من ثمار العالم الجديد ، حيث اكتشفت فى أمريكا الجنوبية ، وكان يستعملها هنود الأنديز Andes كطعام تقليدى خاصة فى شيلى ، كما استخدمها البحارة – حينذاك – فى غذائهم ، حيث كانت تجمع وتخزن ضمن مؤنة السفر وذلك بداية من عام ١٧٦٥ .

ولقد اهتم علماء الأحياء فى ذلك الوقت بهذه الثمار العجيبة ، وعلى رأسهم عالم النبات الإيطالى بيرتيرو Garlo Giuseppe Bertero الذى استقر فى شيلى حتى فقد عام ١٨٣١ بعد غرق السفينة التى كان يستقلها إلى تاهيتى . وكان بيرتيرو أول من

لاحظ أن هذه الثمار ليست نباتاً ، ولكنها كانت لأحد الفطريات الممرضة التى تتطفل على هذه الأشجار.

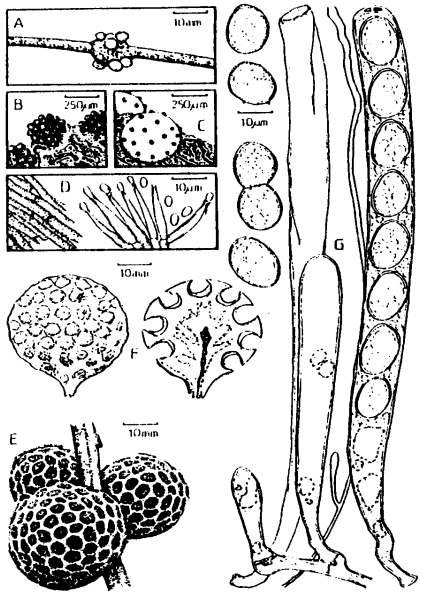
واعتقد بيرتيرو – فى بادئ الأمر – أن هذه الثمار عبارة عن تدرنات ناتجة عن الجروح التى تحدثها الحشرات كما هو مألوف فى بعض الأشجار فى أوروبا ، لكنه اكتشف سرعة انفصال هذه الكرات الثمرية عن فروع العائل النباتى ، كما أن جلد الثمرة كان يتشقق ويغطى بأنابيب تفرز مادة لزجة لبنية القوام ، تجف بعد فترة وتظهر جراثيم مسحوقية تقذف بقوة .

وبعد هذه الدراسة التى قام بها بيرتيرو ، جمع عالم الأحياء الشهير دارون Darwin بعضاً من هذه الثمار ، وأرسلها إلى عالم الفطريات المعروف بيركلى Miles Berkeley ؛ الذى وصفها عام ١٨٤١ وأعطى لها اسم الجنس *Cyttaria* ووصفها ضمن الفطريات الأسكية . ومازالت هذه العينات التاريخية محفوظة فى متحف الأعشاب النباتية التابع للحدائق النباتية الملكية Royal Botanic Gardens بمدينة Kew بإنجلترا .

ويبلغ عدد الأنواع المعروفة التابعة للجنس *Cyttaria* حوالى ١٢ نوعاً ، تم وصفها وتحديد عوائلها النباتية ، كما درست دراسة تشريحية . وتوجد معظم هذه الأنواع فى معهد الفطريات الدولى International Mycological Institute فى مدينة Kew بإنجلترا.

ومن الفطريات الأخرى المأكولة – والتى يرجع تاريخها إلى الحضارات الإنسانية القديمة – فطر *Ustilago maydis* المسبب لمرض التفحم العادى فى الذرة الشامية ، حيث اعتاد هنود الأزتيكس Aztecs فى وسط أمريكا التغذية على كيزان الذرة المصابة بالتفحم ، وكانوا يطلقون عليها اسم **Cuitlacoche** أو **Huitlacoche** ؛ بمعنى عيش غراب الذرة الشامية (Kealey & Kosikowski., 1981) .

ومازال أهالى المكسيك يقبلون على هذا الغذاء الشعبى ، ويعتبرونه من الأطعمة المحببة لهم حتى اليوم ، ولقد لفت هذا الغذاء – المُكوَّن من كيزان الذرة المتفحمة – أنظار جيرانهم من الشعوب الأخرى، خاصة فى الولايات المتحدة . وحالياً تباع هذه الكيزان ذات الثآليل التفحمية سواء طازجة أم معلبة ، حيث يطلق عليها الاسم التجارى الكمأة المكسيكية Mexican truffles أو عيش غراب الذرة Maize Mushroom ، على الرغم من أن فطر التفحم لا يتبع فطريات عيش الغراب (Pope & Mc Carter., 1992) .



شكل (م – ١١) : الفطر *Cyttaria* sp. يوضح الشكل مراحل مختلفـــة لنمو الأجسام الثمرية، والطـــور الكونيدى (D).
(E-G) الفطـــر *Cyttaria espinosae* يوضـــح مراحـــل مختلفـــة مـــن الحشيـــة الثمريـــة الأسكيـــة ascomatal stage .
(عن Minter et al., 1987)

شكل (م – ١٢) : كوز ذرة شامية مصاب بمرض التفحم العادى المتسبب عن الفطر *Ustilago maydis* ؛ حيث تظهر الثآليل التفحمية عليه ، بينما يوضح الشكل على اليمين معلب لهذه الكيزان يباع تجاريًا تحت اسم **Cuitlacoche** بمعنى عيش غراب الذرة Maize Mushroom .

وتباع هذه الكيزان المتفحمة بحوالى عشرين دولارا للكيلو جرام ، نظرا لطعمها الممتاز وقيمتها الغذائية العالية ؛ مما دفع الكثير من مزارعى الذرة الشامية فى الولايات المتحدة إلى عدوى نباتاتهم بجراثيم الفطر الكلاميدية ؛ لزيادة محصولهم من الكيزان المتفحمة التى تعتبر المحصول الأكثر ربحا بالمقارنة بمحصول الكيزان السليمة .

ولقد درس عديد من الباحثين القيمة الطبية لهذا الفطر ، حيث وجد أنه يحتوى على ستة عشر نوعا من الأحماض الأمينية الحرة ، مثل حمض الجلوتاميك L-glutamic acid والليسين L-lysine والألانين L-alanine والارجنين L-arginine والمثيونين L-methionine والثريونين L-threonine والهستيدين L-histidine .

وتؤدى التغذية المنتظمة على هذه الكيزان المتفحمة إلى تجنب الإصابة بالتهاب الجهاز الهضمى والإمساك وسوء التغذية الناتج عن سوء عملية الهضم . كما يثبط الفطر نمو الخلايا السرطانية Sarcoma 180 (Gregory et al., 1966) .

وهناك مشروبات شعبية محلية أخرى ذات فوائد طبية عالية مازالت تستخدمها بعض شعوب الحضارات القديمة ، يدخل فى تركيبها الفطريات ؛ مثال ذلك شراب الشاى الذى تنمو عليه بعض الفطريات والبكتيريا والذى يعرف فى اليابان باسم هونجو **Hongo** أو كامبوتشا **Kambucha** ، كما يعرف خارج اليابان باسم عيش الغراب اليابانى Japanese mushroom أو عيش غراب الشاى The Tea-Mushroom .

وفى دراسة قام بها الباحثان Kappel & Anken (1993) ، تم شرح كيفية تجهيز هذا المشروب ؛ وذلك بأخذ جزء من النمو الميكروبى ووضعه فى وعاء يحتوى على شاى محلى بالسكر ، ويترك الشاى لعدة أيام ، يلاحظ بعدها نمو بعض الكائنات الحية الدقيقة فى شكل غشاء رقيق يطفو على السطح .

ويؤدى نمو هذه الأحياء الدقيقة فى الشاى على تغير لونه ورائحته ونكهته ؛ حيث يميل الطعم إلى الحموضة ، ويصبح مشروبا مجددا للحيوية ومنشطا . ولقد وجد أن هناك أنواعا من الخمائر والبكتيريا تنمو متعايشة ، ومكونة لذلك الغشاء الرقيق الذى يطفو على سطح الشاى .

ولقد ذكر الباحثان List & Hufschmidt (1959) بعضا من هذه الكائنات الحية الدقيقة التى تشارك فى نموها لتجهيز هذا المشروب ، وهى بكتيريا تتبع الجنس *Bacterium* ؛ مثال ذلك : *B. xylinum* ، و *B. xylinoides* ، و *B. gluconicum* ، و *B. ketogenum* بالإضافة إلى بعض الخمائر ؛ مثل : *Pichia fermentans* ، و *Saccharomyces ludwigii* ، و *Schizosaccharomyces pombe* .

ولقد أوضح التحليل الكيميائى لعينات من شراب عيش غراب الشاى (الهونجو) من مصادر مختلفة ، وجود اختلافات بسيطة بينها وبين بعضها ، ولكنها كلها تتميز باحتوائها على حوالى ١٪ خلات كحول الايثايل ethyl acetate ، وحوالى ٣٪ حمض خليك acetic acid ، بالإضافة إلى نسب مختلفة من اللاكتات lactate والطرطرات tartrate وغيرها من الأحماض العضوية المختلفة .

كما وجد فى هذا الشراب بعض السكريات مثل الفركتوز والسكروز ، وأحماض أمينية مختلفة ، بالإضافة إلى ايثيل أمين ethylamine وكولين choline وأدينين adenine وثانى أكسيد الكربون .

وعند فحص طبيعة نمو هذه الكائنات الحية الدقيقة على سطح شراب عيش غـــراب الشاى ، وجد أنها تنمو فى شكل غشائى شفاف ، يميل لونه إلى البنى ، حيث يعمل نمو العشائر البكتيرية إلى تكوين ذلك المظهر الغشائى ، بينما تنمو تجمعات خلايا الخمـــيرة منغمدة فى هذه الأغشية البكتيرية .

ومن ناحية أخرى ، هناك بعض الفطريات الأخرى التى تستخدم فى إنتـــاج أنـــواع مختلفة من الأطعمة ، مثال ذلك بعض الأنواع التابعة للجنـــس *Penicillium* ، التـــى تستعمل فى إنضاج بعض أنواع الجبن وإضفاء النكهة الفاخرة عليها .

ومن هذه الفطريات ، فطر *P. roqueforti* المستعمل فى صناعة الجبن الروكفورت **Requefort Cheese** بأنواعه المختلفة ، والفطر *P. camemberti* المســـتعمل فـــى صناعة الجبن الكمبرت **Camembert** ، والفطر *P. caseicolum* المســـتخدم فـــى صناعة الجبن البيرى **Brie** .

كما تستخدم بعض الفطريات فى صناعة أنواع مختلفة مـــن الســـجق (النقـــانق) Sausages ، وفى إنتاج صلصة فول الصويا Soy Sauce من فول الصويا والقمـــح . وهناك بعض الفطريات التى تستخدم فى زيادة قابليـــة بعـــض منتجـــات الخضـــروات للهضم؛ مثل فطريات *Rhizopus* ، و *Mucor* ، و *Actinomucor* ، كمـــا تستخـــدم هذه الفطريات فى معاملـــة الأرز والقمح وفـــول الصويا ، وإعطاء المنتـــج النـــهائى نكهة اللحم (Lockwood, 1975) .

وفى دول شرق أسيا يستخدم الأهالي بعض الفطريات فى تجهيز أنواع من الأطعمة المتخمرة ؛ مثال ذلك الميسو **Miso** الذى يصنع من الأرز فى اليابان، والسوفو **Sufu** ، والتيمب **Tempeh** الذى يجهز من فول الصويا فى كل من أندونسيا والصيـــن . ولقـــد أصبح السوفو والتيمب من الأطعمة النباتية الشهية التى تؤكل فى الولايات المتحدة .

ويستخدم حاليا فى انجلترا الفطر *Fusarium graminearum* لإنتاج بروتين فطرى Mycoprotein ذى جودة عالية ، حيث يضاف إليه طعم اللحم ، وتصنع منه أطعمـــة مفيدة وشهية ، خالية من اللحم ورخيصة الثمن (Trinci, 1992) .

وتعتبر الخمائر من الفطريات الهامة التى يستخدمها الإنسان – منذ فجر التـــاريخ – فى صناعة الخبز والبيرة ، حيث تستطيع هذه الفطريات إنتاج كميات هائلة من البروتين عند إنمائها على بعض المخلفات الناتجة من الصناعات الغذائية .

إلا أن البروتين الناتج من الخميرة لا يستخدم مباشرة فى تغذية الإنسان ، وذلك بسبب ارتفاع نسبة الأحماض النووية nucleic acids فيه ، والتى تسبب مشاكل صحية عند تغذية الإنسان مباشرة عليها . كما أن بروتين الخميرة قليل المحتوى من بعض الأحماض الأمينية الأساسية .

ويعتمد فى صناعة الخبز والبيرة على أنواع من الخميرة – مثل *Saccharomyces cerevisiae* – تقوم بتحويل سكر الجلوكوز إلى كحول إيثيلى (إيثانول) وثانى أكسيد الكربون . وفى صناعة الخبز ، تقوم الفقاعات الصغيرة من غاز ثانى أكسيد الكربون – التى تنتج خلال التخمر – برفع الخبز وجعل قوامه إسفنجيا ، بينما يعتبر إنتاج كحول الإيثانول هو المنتج النهائى فى صناعة البيرة .

وفى الحقيقة ، يمكن استعمال أية مادة نباتية تحتوى على سكر أو نشا فى إنتاج الكحول بواسطة الفطريات . فعلى سبيل المثال تصنع الخمور من مختلف الثمار – خاصة العنب – حيث تستعمل أصنافه المختلفة فى صناعة شتى أنواع الخمور . وعند صناعة بعض أنواع الخمور ذات الطعم الحلو dessert wines ، يترك العنب فى البستان حتى يصاب بالفطر *Botrytis cinerea* ؛ الذى يعمل على إعطاء العنب ذلك المذاق السكرى .

ولقد اهتم الإنسان بإنتاج المشروبات الكحولية منذ الحضارات القديمة حتى اليوم ، ففى أمريكا الوسطى أنتج هنود المكسيك شراب الليكيولا **Lequila** من نبات الشينتورى century plant ، وهو نبات مكسيكى من جنس النرجسيات ، وأنتج الروس شراب الفودكا **Vodka** من القمح ، ويصنع حاليا باستعمال نباتات أخرى كالشوفان والبطاطس والذرة .

وفى اليابان يصنع شراب الساك **Sake** من الأرز ، وتصنع البيرة فى أوروبا من الشعير ، وشراب البربون **Bourbon** من الذرة ، وشراب الميد **Mead** من العسل ، بينما تنتج مشروبات كحولية أخرى فى شتى أنحاء العالم من لبن حيوانات مختلفة مثل الكافير **Kafir** والكوميس **Koumiss** .

وحيث إن الخميرة لا يمكنها هضم النشا ، فإن أى تخمر للحبوب يجب أن يتضمن مرحلة يتم خلالها تحويل نشا الحبوب إلى سكريات . وتتم هذه المرحلة – عادة – عن طريق ترطيب الحبوب لفترة قصيرة فى درجة حرارة معتدلة حتى تبدأ فى الإنبات ، فينشط إنزيم الأميلاز amylase فى الحبوب ويقوم بهذه العملية .

وفى بعض الحالات ، يقوم الأهالى بمضغ هذه الحبوب لفترة قصيرة بحيث يسمح لإنزيم الأميلاز فى اللعاب بتحويل النشا إلى سكر ، ثم تستعمل هذه الحبوب بعد مضغها فى صناعة المشروبات الكحولية الشعبية ، ولكن هناك بعض الفطريات التى يمكن استعمالها لإحداث هذا التحول مثل فطريات *Rhizopus* و *Mucor* .

وعلاوة على ما سبق ، تستخدم بعض الفطريات فى إنتاج فيتامينات ومواد مشجعة للنمو باستخدام مواد أولية بسيطة . كما تنتج فطريات أخرى أصباغا وكحولات وبروتينات ودهونا . ومن المواد الهامة التى تنتجها الفطريات : الأرجسترول Ergesterol ، والكورتيزون Cortisone ، وبعض الإنزيمات مثل Amylase ، و Rennin ، و Cellulase ، و Catalase ، و Lactase ، و Lipase .

كما تستخدم بعض الفطريات فى إنتاج عديد من الاحماض العضوية مثل الفيوماريك Fumaric واللاكتيك Lactic والستريك Citric والسكسنيك Succinic والأوكساليك Oxalic ، بالإضافة إلى بعض منظمات النمو مثل الجبرلينات Gibberellins بالإضافة إلى بعض الفيتامينات مثل مجموعة فيتامين B ؛ حيث يستعمل لذلك فطريات معدلة بالهندسة الوراثية Geneticaly Engineer Fungi .

ومن ناحية أخرى ، تلعب الفطريات دورا هاما فى اقتصاديات الإنسان بما تحدثه من أمراض للنباتات الاقتصادية التى يزرعها ويهتم بها ، حيث إن معظم النباتات عرضة للإصابة بعديد من الفطريات الممرضة التى تؤدى أحيانا إلى موت العائل النباتى ، أو تحدث – على الأقل – أعراضا تؤثر على الناتج الاقتصادى كمًا ونوعا .

وتتباين أعراض الأمراض النباتية التى تحدثها الفطريات الممرضة للنبات ، حيث يتوقف ذلك على نوع الفطر الممرض ، وقابلية العائل النباتى للإصابة ، والظروف البيئية المحيطة بهما التى تحدد مسار تكشف المرض . فعلى سبيل المثال يصاب الجذر بالعفن ، بينما تظهر على الأوراق أعراض التبقع والذبول ، وقد تصاب بالبياض أو الصدأ ، كما تتعرض الثمار للعفن وسنابل النجيليات للإصابة بالتفحم .

ولقد كانت الفطريات المسببة للأمراض النباتية من أهم العوامل التى أثرت فى المحاولات التى بذلها الإنسان منذ أقدم العصور للحصول على غذائه وكسائه ، ويستدل على ذلك بما ورد ذكره فى الكتب السماوية من أنه حدث قحط فى مصر

لمدة سبع سنين عجاف أصيبت فيها محاصيل الحبوب بأمراض وحشرات قضت عليها، ومن الأمراض التى ورد ذكرهـــا البيـــاض Mildew ، واللفحـــة Blasting . ومـــن الحشرات ورد ذكر الجراد . وكان اعتقاد القدماء أن هذه الافات عقاب من الله للنـــاس بسبب خطاياهم .

وقد ذكر أرسطو Aristotle – الذى عاش فى اليونان من سنة ٣٨٤ إلى ٣٢٢ قبـــل الميلاد – أمراض التين والزيتون والعنب ، وفى سنة ٣٠٠ قبل الميلاد نشر ثيوفراستس Theofrastus – وهو من تلامذة أرســـطو ، وأول عالم نباتى – كتابه (تاريخ النبات) ذكر فيه أمراض الزيتون والعنب والمحاصيل النجيلية ، وأوضح أنـــها كـــانت شديـــدة الوطأة فى اليونان ، وعلى الأخص صدأ محاصيل الحبوب ، التى كانت تحدث بصفـــة وبائية فى بعض السنين .

وفى الوقت نفسه كان قدماء الرومان يظنون أن الصدأ يحدث بســـبب الصقيـــع أو بتأثير حرارة الشمس على نقط الندى الموجودة على النباتات ، ثم تطور الأمر عندهـــم حتى جعلوا من بين الآلهـــة – حسب زعمهم – إلهين مسئولين على إصابـــة نباتـــات القمح بالصدأ ؛ هما الإله روبيجاس Robigas والإله روبيجو Robigo . وتعـــودوا أن يقيموا احتفالات دينية خاصة أطلقوا عليها اسم **Robigalia** ؛ لاسترضاء هذين الإلهين حتى يدفعوا عنهم شر أمراض الصدأ .

وقد ذكر " شاكسبير " فى أحد مؤلفاته سنة ١٦٠٥ بياض القمح Mildew وغـــيره . وفى عصره صدرت تشريعات لها قيمتها العلمية ، ومن أمثلة ذلك أن فرنسا أصـــدرت تشريعاً فى سنة ١٦٦٠ فى مدينة " روان " يقضى بإزالة جميع شجيرات البـــاربرى ، وهى العائل الثانى (المتبادل) الذى يكمل عليه مرض صدأ الساق فى القمح دورة حياته.

وفى النصف الأخير من القرن الثامن عشر ، كان هناك بعض البـــاحثين – أمثـــال فابريشوس Fabricius وتليه Tillet ، وفونتانا Fontana ، وبريفو Prevost ، وغيرهم – يعتقدون بأن أمراض النباتات تتسبب عن كائنات متطفلة ، ولكنهم وجدوا صعوبة فى إقناع الآخرين بذلك ، وفى الفترة من سنة ١٧٥٠ إلى ١٨٥٠ جمعت معلومـــات قيمـــة وحقائق كثيرة عن علاقة الفطر بالأمراض النباتية .

وإذا عادت عـــقارب الزمـــن إلى عام ١٨٤٥ وتوجهنا إلى أيـــرلندا ، لوجـــدنا أن أحـــد الفطريـــات الضارة قـــد أثار الـــدمار والخراب فى حقول البطـــاطس هنـــاك ،

وهى تمثل ثروة أيرلندا القومية وغذاء السكان الأساسى ، وفى هذا العام وقف المزارعون يشاهدون باعجاب المساحات الخضراء الشاسعة من نباتات البطاطس تغطى أراضيهم منتظرين بفارغ الصبر وقت الحصاد .. وخلال أسبوع واحد تحولت الخضرة بفعل مخرب شرير إلى لون بنى ، كأنما انقضت على الحقول الخضراء صاعقة من السماء حرقت الأوراق والسيقان وأحلت الدمار والخراب فى محصول البطاطس .

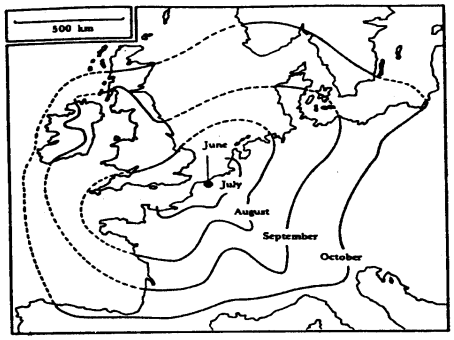
واجتاحت أيرلندا فى هذه السنة فترة رهيبة استنجد فيها الناس بالناس ، ومات حوالى مليون نسمة جوعا ومرضا . وتسببت هذه المجاعة فى هجرة حوالى مليون نسمة أخرى هاربين بأجسادهم الهزيلة ، باحثين عن مكان اخر يجدون فيه ما يسد رمقهم . ولقد تحرك هذا المخرب الشرير إلى دول أوروبية أخرى يهلك محصولها ويشيع الخراب بين ربوعها (شكل م - ١٣) .

لقد كانت أزمة مروعة أزعجت الشعوب والحكومات ، وقلبت الأوضاع ، وحطمت القيم ، ومرت عشر سنوات قبل أن يكتشف العالم أن هذا المسبب للمجاعات هو أحد الفطريات الممرضة للنبات ، وهو الذى يسبب مرض الندوة المتأخرة فى البطاطس .

ولقد أسهم كثير من العلماء فى دراسة الفطريات الممرضة ، وكان أبرزهم العالم دى بارى De Bary ؛ الذى يعتبر أول عالم قام بدراسة أمراض النباتات على أسس علمية صحيحة ؛ وعلى ذلك فإن سنة ١٨٥٠ - وهى السنة التى أثبت فيها دى بارى أن الفطريات يمكنها أن تسبب أمراض النباتات - هى بداية العصر الحديث لعلم أمراض النباتات .

وعلى الرغم من التقدم العلمى فى مجال حماية النباتات الإقتصادية من الإصابة بالفطريات الممرضة ، والتوصل إلى إنتاج نباتات مقاومة عن طريق الهندسة الوراثية ، إلا أن هذه الفطريات الممرضة قابلت ذلك بتطوير سلالاتها ، منتجة أفرادا تستطيع التغلب على مقاومة النبات واستحكامات دفاعاته .

ولقد حسم الإنسان مشاكله مع تلك الفطريات الممرضة للنبات ، باستعماله مطهرات كيميائية قاتلة أو مثبطة لنمو هذه الفطريات ، بل وأسرف فى استخدامها حتى تلوث الهواء وتلوثت التربة والمياه الجوفية ، ووصل هذا التلوث الكيميائى إلى غذائنا ، وأصبحت هذه الملوثات الكيميائية تهدد البيئة وما يعيش فيها من أحياء .



شكل (م – ١٣) : يوضح سرعة انتشار مرض النـدوة المتأخـرة فى البطـاطس فـى أوروبـا عام ١٨٤٥ ؛ حيث توضـح الدائـرة السـوداء مركز انتشار المـرض فـى أيرلندا (بحث منشور عن Bourke فى مجلة Nature عام ١٩٦٤) .

وأعاد الإنسان اكتشاف الفطريات المترممة ، والتى يستطيع بعضها مكافحة بعـض الممرضات حيويا . وتستخدم حاليا أنواع مـن الفطريـات فـى مكافحـة الحشـائش والأعشاب الضارة يطلق عليها اسم Mycoherbicides . ومن أمثلة ذلك استخدام سلالة من الفطر *Colletotrichum gloeosporioides* فى مكافحة بعض الحشائش فى حقول الأرز بـالولايـات المتحـدة ؛ حيث يـباع مسحوق جـراثيم الفطر تجـاريا تحـت اسم **Collego** .

ومن ناحية أخرى ، تستخدم بعض التوكسينات الفطرية fungal phytotoxins كمواد قاتلة للحشائش الضارة Herbicides ، حيث تسبب هذه المواد السامة قتل خلايا وأنسجة الحشائش دون الإضرار بالنباتات الاقتصادية التى تنمو معها .

وتتعايش الفطريات مع الأحياء الأخرى فى عيشة تبادل المنفعة ، حيـث تلعـب –

خلال ذلك – دورا هاما فى اقتصاديات الإنسان سواء بطريقة مباشرة او غير مباشرة . ومن أمثلة هذا التعايش نمو بعض الفطريات مع الطحالب مكونة ما يسمى الأشن Lichens . وتتكون هذه النموات الأشنية على سطوح الأشجار والأخشاب الميتة فى الغابات وبساتين الفاكهة ، وأيضا على سطوح الأحجار والصخور مادامت رطوبة الجو عالية .

وتستخدم بعض الأشنيات فى الحصول على بعض الصبغات والسكريات والكحولات، هذا بالإضافة إلى إستخدام بعض أنواع الأشن فى الحصول على أرقى أنواع العطور الباريسية الشهيرة . ويمكن الاعتماد على بعض الأشنيات فى الغذاء ، حيث يحتوى بعضها على نسبة عالية من الكربوهيدرات ، كما يستخدم بعضها فى علاج بعض الأمراض كالسل .

كما تعيش بعض الفطريات متعاونة مع جذور بعض النباتات ، مكونة نموات هيفية تشبه الجذور ، يطلق عليها اسم الجذور الفطرية Mycorrhizae . وتنمو هيفات بعض أنواع الميكورهيزا حول الجذور مكونة ما يسمى الميكورهيزا الخارجية ، بينما تنمو بعضها داخليا . وتساعد هذه الفطريات النباتات والأشجار على النمو فى الأراضى الضعيفة ، بينما تعمل بعضها على مقاومة الأمراض (أبحاث للمؤلف واخرين Ahmed et al., 1995 ; Ahmed et al., 1994; Ishac et al., 1989;1990)

وتيسر الميكورهيزا الخارجية حصول الأشجار التى تنمو حول جذورها على احتياجاتها المائية حتى فى المناطق شبه الجافة النادرة المطر من العالم ، كما تيسر حصول هذه الأشجار على عديد من العناصر المعدنية اللازمة للنمو مثل الفوسفور والبوتاسيوم والحديد ، حتى لو كانت هذه العناصر موجودة فى التربة على صورة أملاح غير قابلة للذوبان فى الماء (أملاح صخرية) .

ومن ناحية أخرى ، تتعايش أعداد كبيرة من الفطريات مع أنواع محددة من الحشرات ،. إلا أن قليلا من هذه الأمثلة ما هو معروف لنا ، بينما مازلنا نجهل الكثير عن تلك العلاقة الحميمة الغامضة بين الفطريات والحشرات ، والتى مازالت تحتاج إلى مزيد من البحث والدراسة لإماطة اللثام عنها .

ومن الأهمية بمكان دراسة العلاقة التطفلية بين بعض الفطريات وعوائلها من مفصليات الأرجل ، حيث تلعب معرفة أسرار هذه العلاقة دورا رئيسيا فى المكافحة

الحيوية لهذه الكائنات الضارة (بحث للمؤلف واخرين Amin et al., 1994) . وبعض الفطريات ذو مدى عوائلى عريض من مفصليات الأرجل ، بينما البعض الاخر شديد التخصص على عائل حشرى وحيد ، بل إن بعض الفطريات تهاجم أنواعا معينة من الحشرات ، أو قد تصيب عضوا حشريًا دون سائر الأعضاء .

ويلعب هذا التخصص دورا نموذجيا فى المكافحة الحيوية للحشرات الضارة ؛ حيث يسبب الفطر المستخدم خفض أعداد عشيرة الحشرة الضارة دون غيرها من حشرات أخرى قد يكون بعضها أعداءً طبيعية لحشرات ضارة غيرها ، كما لا تسبب هذه الفطريات المستخدمة فى المكافحة الحيوية أضرارا للحشرات النافعة كالنحل .

ومن ناحية أخرى ، تعتمد بعض الحشرات على الفطريات فى معيشتها وتجهيز غذائها ، حيث تعتمد هذه الحشرات فى تحليل سيللوز الخشب على إنزيم cellulase الذى تفرزه الفطريات ، وبالتالى تعمل هذه الحشرات على المحافظة على تلك الفطريات وتساعد على إنمائها ، بل وتنقلها من جيل إلى اخر خلال مراحل حياتها .

وهناك أمثلة عديدة توضح طبيعة هذه العلاقة الوطيدة بين الفطريات وبعض الحشرات ، مثال ذلك دبابير الخشب wood wasps والنمل الأبيض (الأرضة) termites والنمل القاطع للأوراق من الجنس *Attine* وخنافس القلف (الأمبروسيا ambrosia beetles) والحشرات القشرية من الجنس *Aspidiotus* .

وتتغذى بعض هذه الحشرات على النموات الفطرية تغذية مباشرة ، بل تعتبر النموات الفطرية هى الغذاء الوحيد لهذه الحشرات ، مثال ذلك النمل قاطع الأوراق الذى يقوم بزراعة فطريات عيش الغراب داخل حجرات خاصة ؛ بينما تعتمد حشرات أخرى على نشاط النموات الفطرية وإفرازها للإنزيمات المحللة للسيليلوز واللجنين فى تجهيز غذاء مناسب لها مثل خنافس الأمبروسيا .

ويصل هذا التعايش بين الحشرة والفطر إلى درجة وجود علاقة تبادل منفعة داخلية يعيش فيها الفطر داخل جسم الحشرة فى تركيب معين intracellular symbionts ، وهذه الفطريات داخلية التعايش عبارة عن خمائر أسكية .

وحيث إنه من الصعب أن يضم مؤلف ما جميع أنشطة الفطريات وعلاقاتها المتشابكة مع الكائنات الحية الأخرى التى تشاركها بيئتها ، فإن هذا الكتاب سوف يتعرض لبعض بيئات الفطريات التى مازال بعض الغموض يحيط بها ، مثل البيئة

المائية ، وأيضا يتعرض لعلاقة الفطريات ببعض الأحياء الأخرى من حولها ، والتى تؤثر تأثيرا مباشرا على حياة الإنسان واقتصادياته ؛ مثال ذلك الحشرات والنيماتودا .

كما يتناول الكتاب أيضا بعض الموضوعات الهامة الأخرى التى لم يسبق لمؤلف اخر تناولها باللغة العربية ، مثال ذلك نشأة الفطريات ، والفطريات الحفرية ، ثم استدعاء المعلومات الخاصة بالفطريات عن طريق شبكة المعلومات الدولية .

رابعا ـ وضع الفطريات بين الكائنات الحية :

تتضمن الفطريات مجموعة من الكائنات الحية الخالية من الكلوروفيل ، وهى تشبه النباتات الخضراء فى أن لكل منهما جدرا خلوية محددة ، عدا بعض الشواذ . ويتركب جسم الفطر من مجموعة من النموات الخيطية التى يطلق عليها اسم هيفات hyphae ؛ حيث تتجمع فيما بينها مكونة الغزل الفطرى (الميسليوم mycelium) .

وتنمو هيفات الفطر طرفيا ، ولكن معظم أجزاء الجسم الفطرى thallus لدية القدرة الكامنة على النمو ؛ فاية فتيتة من أى جزء منه تكفى لبدء حياة جديدة ؛ مكونة هيفات الفطر وتراكيبه المميزة . ويختلف الجسم الفطرى عن النباتات الراقية فى كون الأول بسيط التركيب ، ولا يوجد به الجهاز الوعائى الذى يميز النباتات الراقية .

ولقد بدأت دراسة الفطريات بملاحظة الأنواع الكبيرة الحجم ؛ مثل فطريات عيش الغراب ، سواء المأكول منها أم السام Mushrooms & Toadstools ، حتى أن العلم المختص بدراسة الفطريات Mycology يشتق من الكلمة اليونانية Mykes ؛ بمعنى فطر عيش الغراب، بينما يقصد بالكلمة Logos " علم " أو " دراسة " .

ومع بداية القرن الثامن عشر ، بذلت محاولات عديدة لتصنيف الكائنات الحية ؛ وذلك بناء على طريقة تغذيتها وطبيعة نموها وخصائصها الحيوية ، وكان أول من وضع أسس نظام التصنيف الحالى للأحياء هو العالم السويدى لينيوس (1753) Carlus Linneaus ؛ حيث قسم الكائنات الحية إلى

مملكتين : المملكة النباتية ، والمملكة الحيوانية ، واستمر ذلك التقسيم حتى منتصف القرن الحالى .

ولقد صنفت الفطريات – حينذاك – فى المملكة النباتية والكائنات الشبيهة بالنباتات Plant Kingdom for Plants and Plant-Like Organisms ، تحت قسم النباتات الثالوثية Subdivision Thallophyta والتى كانت تشمل الطحالب والفطريات . واستمر هذا الوضع لفترة طويلة ، على الرغم من صفات الفطريات المغايرة لصفات الطحالب والنباتات بصفة عامة ، إلا أن هذا التلازم بين علم النبات ودراسة الفطريات مازال قائما حتى الآن ، ومازالت الفطريات تدرس كجزء من علوم النبات فى بعض الجامعات والمعاهد فى شتى أنحاء العالم .

ولا يمكن اعتبار الفطريات نباتات ؛ فعلى الرغم من تشابه خلايا الفطريات مع خلايا النباتات الخضراء فى بعض صفاتها – مثل الجدار الخلوى الصلب ، والنواة الحقيقية – إلا أن الفطريات لا تحتوى على كلوروفيل ؛ وبالتالى فهى تعجز عن تمثيل غذائها العضوى ضوئيا باستعمال ثانى أكسيد الكربون والأيونات المعدنية والماء ؛ فالفطريات – شأنها فى ذلك شأن الحيوانات – غير ذاتية التغذية heterotrophic organisms .

وتختلف الفطريات عن الحيوانات فى عدم قدرتها على ابتلاع المواد العضوية الصلبة وهضمها داخليا ، ولكنها تفرز إنزيماتها الهاضمة خارجيا ، محللة المواد العضوية بحيث تصبح ذائبة ، ثم تمتص هذه المواد من خلال غشائها السيتوبلازمى .

ومع تقدم علوم الحياة ، وتطور صناعة الميكروسكوب حتى ظهور الميكروسكوب الإليكترونى ، أمكن إزالة الغموض عن ذلك العالم الخفى الذى لم يره علماء الأحياء القدماء وهو عالم الأحياء الدقيقة ، وأصبح من اللازم إعادة النظر فى تقسيمها بعيدا عن المملكتين التقليديتين : النباتية والحيوانية .

ولقد أظهر الفحص بالميكروسكوب الإليكترونى الاختلافات الجوهرية بين الفطريات وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة كالبكتيريا ؛ حيث تميزت نواة البكتريا بانتشارها فى السيتوبلازم وعدم وجود غشاء نووى يحيط بها، كما لا يوجد الحمض النووى DNA فى كروموسومات ، ويغيب وجود الميتوكوندريا والشبكه الاندوبلازمية فى خلايا

البكتريا ؛ وعلى ذلك تعتبر البكتيريا من الأحياء الدقيقة ذات النواة غير الحقيقية prokaryotic microorganism .

وعلى العكس من ذلك ، أظهرت خلايا الفطريات وجود أنوية حقيقية – تشابه أنوية النباتات والحيوانات – حيث يطلق عليها اسم الكائنات ذات النواة الحقيقية eukaryotic organisms . وتتبع مثل هذه الكائنات الحية المملكة العليا : الكائنات الحقيقية النواة Superkingdom : Eukaryota ، بينما تقع الفطريات تحت مملكة خاصة بها يطلق عليها أسم مملكة الفطريات (Fungi) Kingdom : Myceteae .

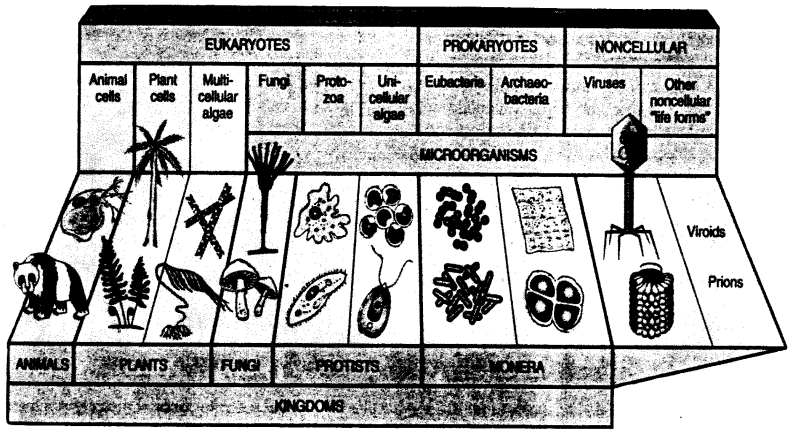
وبناءً على ذلك يمكن تقسيم الأحياء إلى خمس ممالك مختلفة أختلافاً جوهريا فى صفاتها ؛ وهى :

١ – مملكة النباتات	Kingdom : Plantae
٢ – مملكة الحيوانات	Kingdom : Animalia
٣ – مملكة الفطريات	Kingdom : Fungi (Myceteae)
٤ – مملكة البكتريا والطحالب الخضراء المزرقة	Kingdom : Monera
٥ – مملكة القبليات	Kingdom : Protista

ويتضح – مما سبق – اعتماد تصنيف الكائنات الحية على مرحلة تطورها وتركيبها الدقيق ووظيفة أعضائها . ولقد وضعت عديد من النظريات التى تفترض كيفية نشوء الحياة على الأرض وتطورها ؛ على أساس بداية الخليقة فى الوسط المائى .

وتختلف الافتراضات الخاصة بطبيعة نشأة الحياة ؛ حيث يعتقد أن الكائن الحى الأولى لابد أنه كان يحتوى على كلوروفيل ، أو أية صبغة أخرى تقوم بعملية التمثيل الضوئى photosynthetic pigments وتحويل الضوء إلى طاقة تستخدم فى تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون وإنتاج مواد كربوهيدراتية بسيطة .

ويدعم هذا الفرض عدم وجود مواد عضوية على سطح الأرض عند بدء الخليقة ، والطريقة الوحيدة لبداية الحياة هى وجود كائناتٍ حيةٍ تستطيع تجهيز غذائها العضوى بنفسها ، مكونة جميع المركبات العضوية المعقدة التى تحتاج إليها للنمو والتكاثر . وقد تكون الكائنات الحية الأخرى – التى لا تحتوى على هذه الصبغات الممثلة للضوء – عبارة عن طفراتٍ ؛ حيث اعتمدت هذه الأحياء بعد ذلك فى حياتها على الأحياء السابقة الممثلة للضوء ؛ سواء بالتطفل ، أم الترمم .



شكل (م - ١٤) : نظام تقسيم الكائنات الحية إلى خمس ممالك ، ويعتمد هذا النظام على النمط الغذائي mode of nutrition ومستوى تعضد جسم الكائن الحي degree of organization .

وتوضح الدراسات الحديثة أن النظرية السابقة لم تضع فى حسبانها الظروف الجوية التى كانت سائدةً على سطح الأرض عند بدء الخليقة ؛ فلقد أثبت البحث العلمى أن جو الأرض كانت تسوده أبخرة الأمونيا وغاز الميثان ، بينما كان ينقصه غاز الأكسوجين ، وتحت هذه الظروف تمت عديد من التفاعلات الكيموحيوية اللانهائية ؛ أدت إلى تكوين بعض المركبات العضوية الأولية دون الحاجة إلى وجود صبغاتٍ ممثلةٍ للضوء .

وبناءٍ على ما سبق ، فإنه من المحتمل أن تكون هناك أنواع من الأحياء الدقيقة قد ظهرت فى مياه المحيط الأعظم لا تحتوى على صبغات ممثلة للضوء ، هذه الأحياء كانت هى أسلاف الفطريات .

ومن ناحيةٍ أخرى تناقش بعض النظريات الحديثة نشوء الفطريات وارتقائها ، ووضعها بين الكائنات الحية الأخرى ؛ وذلك على أساس النمط الغذائى للكائنات الحية . وبناء على ذلك تم تقسيم الأحياء إلى ثلاثة أقسام : يعتمد الأول على التمثيل الضوئى photosynthesis ، والثانى على امتصاص المواد العضوية الذائبة absorption من الوسط المحيط ، بينما يعتمد القسم الثالث من هذه٣لأحياء على ابتلاع المواد العضوية الصلبة وهضمها ingestion داخل جسمها ، وتحللها إلى مواد بسيطة يتم امتصاصها بعد ذلك .

وهناك نظريات أخرى مختلفة تعتمد على تركيب الكائن الحى ، وذلك على أساس مرحلة تطوره وعلاقته بالكائنات الحية الأخرى . فعلى سبيل المثال تفترض أحد هذه النظريات أن الحياة بدأت بكائناتٍ وحيدة الخلية ، ثم تطورت إلى أحياء عديدة الخلايا ؛ بحيث يكون أكثر الأحياء تطورا هو ذلك المعقد التركيب ذو الأنسجة المتخصصة فى أداء وظائفها .

ويمكن الاعتماد على جميع النظريات السابقة ووضعها فى الحسبان عند مناقشة منشأ هذه الفطريات وتطورها ؛ فالفطريات كائنات متعددة الخلايا ذات أنويةٍ حقيقية ، وجدار خلاياها صلب ، ولا تحتوى على صبغات ممثلة للضوء ؛ كما تمتص غذاءها الذائب فى الماء من البيئة التى تنمو عليها عن طريق جزء من نموتها الهيفية مغمور فى هذا المصدر الغذائى .

وعلى الرغم من التركيب المتعدد الخلايا الذى يميز الفطريات ، فإن أنسجتها تخلو

من الأعضاء المعقدة ذات الوظائف المحددة ، وإذا وجدت فى بعض الفطريات الراقية – مثل فطريات عيش الغراب – فإنها تكون غير تامة التكوين .

فعلى سبيل المثال ، تتكون أعضاء التكاثر فى بعض الفطريات بدرجة جيدة ؛ حتى تبدو حياة بعض هذه الفطريات معقدة ، وخاصة فى الفطريات الراقية . أما فى الفطريات الأقل تطورا فإنها تتشابه مع الكائنات التابعة لمملكة الحيوانات الدقيقة Protista فى كونها وحيدة الخلية ، أحادية النواة ، ذات جدر خلوية مرنة ، وخلايا متحركة .

كما أن بعض الفطريات تتشابه مع الطحالب فى صفاتها الخارجية وفى دورة حياتها ، حتى أن بعض الباحثين يضع هذه الفطريات مع الطحالب غير الملونة non pigmented algae ، وهى الطحالب غير ذاتية التغذية ؛ لعدم قدرتها على القيام بعملية التمثيل الضوئى .

ويتضح مما سبق أن هناك ارتباطا بين الكائنات الحية المعاصرة المختلفة من ناحية منشئها ؛ حيث تدل الأبحاث على أن أصل جميع الأحياء هو أصل واحد مشترك، خلقه الله سبحانه وتعالى عند بدء الخليقة فى مياه المحيط الأعظم ؛ مصداقا لقوله تعالى (وجعلنا من الماء كل شيء حي) صدق الله العظيم .

خامسا ـ المراجع References :

Ahmed, M. A. (1983) . Untersuchungen zur Mikroflora der Phyllosphaere von Gerste. Disseration zur Erlangung des Doktorgrades der Georg-August-Univeristat zu Gottingen. 161 pp.

Ahmed, M . A. (1988) . Production of Edible Mushrooms. News Letter, Cairo Mircen, Egypt 12:22-29.

Ahmed, M. A. (1988 a) . Behaviour of Phyllosphere Fungi on Maize Leaves in Egypt. Proc. 2nd Conf. Agr. Develop. Res. 2:57-70 .

Ahmed, M. A. (1988 b) . Effect of Phyllospheric Fungi on the Acceleration of Leaf Senescence of Maize in Relation to *Drechslera maydis*. Proc. 2nd Conf. Agr. Develop. Res. 3:71-82.

Ahmed, M. A. and E. A. Saleh (1987) . Phyllosphere Microflora of Tomato Leaves

and Their Antagonistic Activity Againsts *Alternaria solani*. Proc. 1st Conf. Agr. Develop. Res. 4:106-122.

Ahmed, M. A. ; E. A. Saleh and Amira A. El-Fallal (1994) . The Role of Biofertilizers in Suppression of *Rhizoctonia* Root-Rot Disease of Broad Bean. Annals Agric. Sci. Ain Shams Univ. , Cairo , 39(1) : 379-395 .

Ahmed, M. A. ; I. S. Elewa ; M. M. El-Zayat ; H. M. El-Antably and Waffaa M. Abd El-Sayed (1995) . Influence of Vesicular Arauscular Mycorrhizal Fungi on The Development of Crown Gall Disease. Egypt J. Appl Sci., 10(5) : 795-809 .

Alexopoulos, C. J. ; C. W. Mims and M. Blackwell (1996) . Introductory Mycology - 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., New York . pp. 1-25 .

Ames, B. N. ; R. Magaw and L. S. Gold (1987) . Ranking Possible Carcinogenic Hazards. Science, 230:271-280 .

Amin , A. H. ; Madiha , A. Rizk ; M. A. Ahmed and H. E. A. Saker (1994) . Parasitism of Entomogenous Fungi on *Chrysomphalus ficus* Ashmead on Citrus Plants in Egypt. 5th Conf. Agric. Dev. Res., Fac. Agric., Ain Shams Univ., Cairo, Egypt, 2:815-829 .

Blanchette, R. A.; B. D. Compton ; N. J. Turner and R. L. Gilbertson (1992) . Nineteenth Century Shaman Grave Guardians are Carved *Fomitopsis officinalis* Sporophores. Mycologia, 84:119-124 .

Borel, J. F. (1982) . The History of Cyclosporin A and Its Significance. pp. 3-17 in (Cyclosporin A. Ed D. J. G. White - Elsevier Biomedical, New York) .

Claydon, N. (1984) . Secondary Metabolic Products of Selected Agarics. pp. 561-580. In " Developmental Biology of Higher Fungi " - Ed. D. Moore ; L. A. Gasselton ; D. A. Wood and J. C. Franklin - Cambridge Univ. Press, Cambridge .

Findlay, W. P. K. (1982) . Fungi : Folklore, Fiction & Fact. Kingprint, Richmond, Surrey, United Kingdom .

Flynn, V. T. (1991) . Is The Shiitake Mushroom An Aphrodisiac and A Cause of Longevity ? - pp. 345-361. In " Science and Cultivation of Edible Fungi " Ed. M. J. Maher - Balkema, Rotterdam, The Netherlands .

Gilbertson, R. L. (1980) . Wood - Roting Fungi on North America - Mycologia, 72 : 1 - 49 .

Glawe, D. A. and W. U. Solberg (1989) . Early Accounts of Fungal Bioluminescence - Mycologia, 81 : 296 - 299 .

Gregory, F. J. ; E. M. Healy ; H. P. K. Jr. Agersboeg and G. H. Warren (1966) . Studies on Antitumor Substances Produced by Basidiomycetes. Mycologia, 58 : 80 - 90 .

Ishac, Y. Z. ; M. A. Ahmed ; F. Abo El-Abbas and R. Abd El-Aziz (1989) - Interaction Between VA-Mycorrhizae, *Fusarium solani* f-sp. *phaseoli* and/or Soybean Mosaic Virus (SMV) . Abst. Proc. 5th International Symposium on Microbial Ecology, Kyoto, Japan p. 135 .

Ishac, Y. Z. ; M. A. Ahmed and S. H. El-Deeb (1990) - Effect of Biofertilizers on Controlling *Fusarium solani* f. sp. *Phaseoli*. Abst. Proc. 5th International Symposium on Nitrogen Fixation With Non-Legumes. Florence, Italy, p. 75 .

Kappel, T. and R. H. Anken (1993) . The Tea-Mushroom. The Mycologist, 7 (1) 12 - 13 .

Kealey, K. S. and F. Y. Kosikowski (1981) . Corn Smut As a Food Source - Perspectives on Biology, Composition and Nutrition - CRC Crit. Rev. Food Sci Nutr. 15 : 321 - 351 .

List, P. H. and W. Hufschmidt (1959) . Basische Pilzinhaltstoffe. 5 - Uber Biogene Amine und Aminosauren des Teepilzes - Pharm. Zentr. Halle Dtsch., 98 ; 594 - 595 .

Minter, D. W. ; P. F. Cannon and H. L. Peredo (1987) . South American Species of *Cyttaria* (a Remarkable and Beutiful Group of Edible Ascomycetes) . The Mycologist, 21 : 7 - 11 .

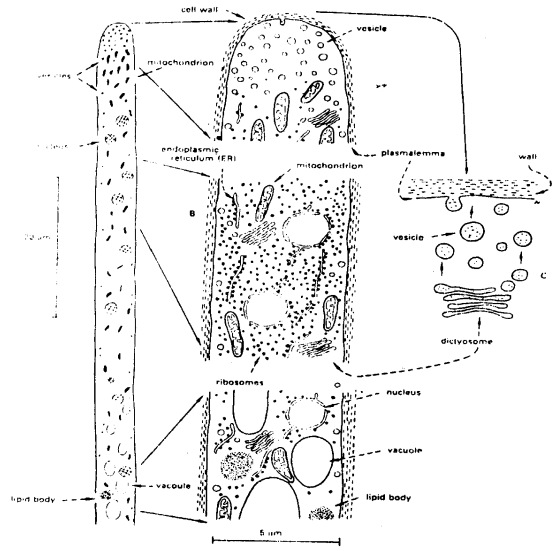
Pope, D. D. and S. M. Mc Carter (1992) . Evaluation of Inoculation Method for Inducing Common Smut on Corn Ears. Phytopathology, 82 : 950 - 955 .

Rensberger, B. (1992) - The Iceman. Now the research is on ice. J. NIIT Res. 4 : 25 - 27 .

Smith, M. L. ; J. N. Bruhn And J. A. Anderson (1992) - The fungus *Armillaria bulbosa* is among the largest and oldest living organisms. Nature, 356 : 428 - 431.

Wasson, R. G. (1980) - The wonderous mushroom : Mycolatry in Mesoamerica McGraw-Hill, New York .

الباب الأول



المملكة الفطرية

الباب الأول
المملكة الفطرية
The Fungal Kingdom

مقدمة :

تضم هذه المملكة – Kingdom : Myceteae – عددا هائلا من الفطريات ، لا يُعرف منه إلا حوالى ٦٣ ألف نوع فقط ، يضاف إليها حوالى ألف نوع جديد سنويًا . وحيث إن معظم هذه الفطريات ضئيلة الحجم ، لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ، كما أن عدد المشتغلين فى مجال الفطريات فى العالم محدود للغاية ، فإن ما يظهر لنا من فطريات هو جزء ضئيل من حجم هائل من الفطريات التى تعيش على سطح الأرض أو فى مياه البحار والمحيطات . ويعتقد أن العدد الكلى للفطريات حوالى ١,٥مليون نوع ، وهذا العدد يفوق عدد النباتات الزهرية المعروفة .

ويمكن تقسيم الفطريات الحقيقية Eumycota إلى أربعة تحت أقسام Subdivisions؛ هى : الماستيجومايكوتات Mastigomycotina ، والفطريات الزيجية Zygomycotina، والفطريات الأسكية Ascomycotina ، والفطريات البازيدية Basidiomycotina .

وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن هناك تحت قسم آخر يضم الفطريات التى لم يشاهد لها حتى الآن أى تكاثر جنسىّ ؛ وهو تحت قسم الفطريات الناقصة Deuteromycotina . وتتكاثر هذه الفطريات الناقصة عن طريق أطوار كونيدية anamorphic states ، بينما لا تتكون أطوار كاملة telemorphic states ؛ لذلك يطلق على هذه الفطريات اسم الفطريات الناقصة Fungi Imperfecti (جدول ١ – ١) .

وتعيش بعض الفطريات فى علاقة تبادل منفعة مع بعض الطحالب ، مكونة نموًا مشتركا يعرف باسم " الأشن Lichens " . ويبلغ عدد الأنواع الفطرية التى تتخصص

فى تكوين هذه الأشنيات حوالى ١٣٥٠٠ نوع ، وهذا يرفع عدد الفطريات المعروفة إلى أكثر من ٧٧ ألف نوع .

جدول (١ - ١) : أعداد الأنواع الفطرية التابعة لتحت أقسام الفطريات الحقيقية عن (Hawksworth et al., 1983)

تحت قسم Sub Division		عدد الأنواع الفطرية
١ - الماسيتجومايكوتات	Mastigomycotina	١١٧٠
٢ - الفطريات الزيجية	Zygomycotina	٧٦٥
٣ - الفطريات الأسكية	Ascomycotina	٢٨٦٥٠
٤ - الفطريات البازيدية	Basidiomycotina	١٦٠٠٠
٥ - الفطريات الناقصة	Deuteromycotina	١٧٠٠٠
الإجمالى		٦٣٥٨٥

ولقد واجه تصنيف الفطريات الناقصة عديد من المشاكل التى ناقشها (Webster 1980) بإسهاب. وعلى أية حال، تعتبر معظم الفطريات الناقصة أطوارا كونيدية لفطريات أسكية ، بينما قليل منها بازيدى ، ويشار إلى هذه الفطريات - عادة - باسم " الفطريات الكونيدية conidial fungi " .

ولا يوجد - حتى الآن - تصنيف معتمد لهذه الفطريات الناقصة ، ولكن يمكن اعتبار التصنيف الذى وضعه (Ainsworth (1973 ونقحه (Webster (1980 هو أكثر التصنيفات شيوعا واستعمالا حتى الآن . ولكن مازال هذا التصنيف عرضة لعديد من التعديلات ، وذلك مع تقدم البحث العلمى واكتشاف مزيد من صفات هذه الفطريات .

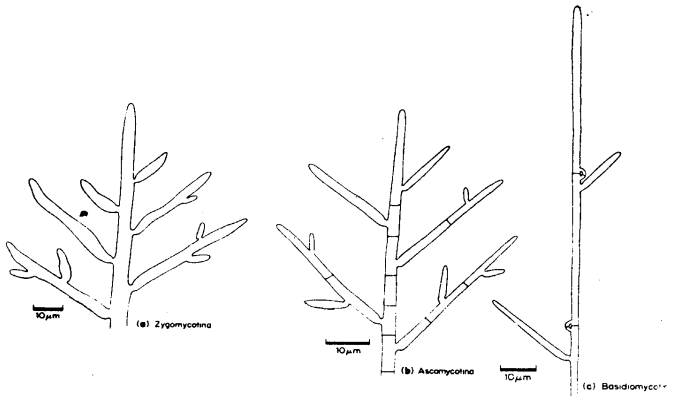
أولا - الميسليوم الفطرى The Fungal Mycelium :

على الرغم من تفاوت حجم الفطريات من تلك التى لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ، إلى تلك الأنواع الكبيرة مثل فطريات عيش الغراب ، إلا أن وحدة تركيبها الأساسية واحدة فى جميع الحالات وهى الهيفا hypha . وتعتبر الهيفات خيوطا أسطوانية متفرعة، ميكروسكوبية ، تحتوى على سيتوبلازم تسبح فيه عديد من الأنوية الحقيقية .

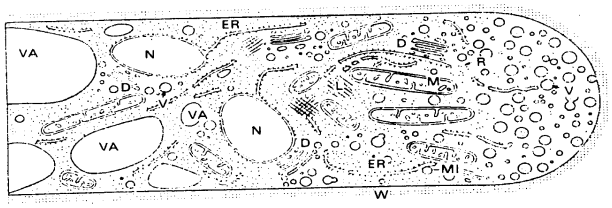
وتتجمع الهيفات مكونة جسم الفطر ، والذى يطلق عليه اسم الغزل

الفطرى (ميسليوم mycelium) . وقد تقسم خيوط الهيفات بجدر عرضية ، وتعرف بالهيفات المقسمة septate hyphae ، بينما الفطريات غير الراقية تكون غير مقسمة الهيفات aseptate hyphae حيث تسبح أنويتها فى مدمج خلوى coenocytic hyphae .

وقد تقسم الجدر العرضية هيفا الفطر إلى أجزاء هيفية متعددة الأنوية multinucleate compartments ، وتتميز هذه الجدر العرضية بأنها مثقبة بعديد من الثقوب ، وأحيانا يوجد ثقب واحد مركزى . وتسهل هذه الثقوب اتصال سيتوبلازم خلايا الهيفات الفطرية بعضها ببعض .



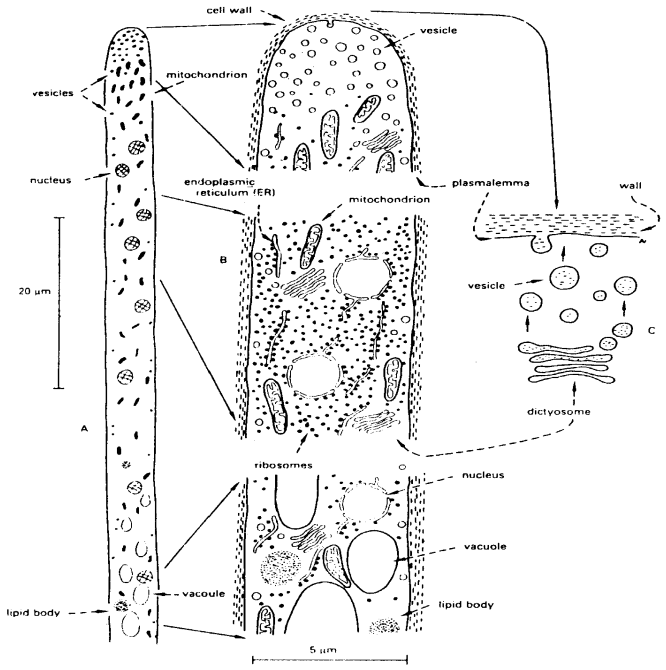
شكل (١ - ١) : النموات الهيفية لطوائف الفطريات المختلفة .
(a) : هيفا غير مقسمة aseptate hypha لفطر يتبع الفطريات الزيجية .
(b) : هيفا مقسمة septate hypha لفطر يتبع الفطريات الأسكية .
(c) : هيفا بازيدية مقسمة ، يتكون عند جدرها العرضية روابط كلابية clamp connections لفطر يتبع الفطريات البازيدية .
(عن Hudson, 1986) .



شكل (١ – ٢) : رسم تخطيطى يوضح تركيب القمة النامية لهيفا فطرية . (عن Grove & Bracker. 1970) .

D = Dictyosome
ER = Endoplasm Reticulum
L = Lipid body
M = Mitochondrion
MI = Microbody
N = Nucleus
V = Cytoplasmic vesicle
VA = Vaculose
W = Wall

ويتم نمو هيفا الفطر وتفرعها عند قمتها النامية ذات الجدار المرن الرقيق ، بينما يتميز الجدار الخلوى – فى المنطقة التى تلى القمة النامية – بأنه أكثر صلابة ؛ مما يجعل الهيفا النامية محتفظة بشكلها الأنبوبى (شكل ١ – ١) . وتظهر مناطق التفرع عند منطقة النمو الطرفية ؛ حيث يندفع السيتوبلازم إلى هذه النموات الجديدة .



شكل (١ - ٣) : التركيب الدقيق لهيفا الفطر *Pythium* . قطاع طولى فى طرف الهيفا.
A = شكل عام للهيفا .
B = أجزاء مكبرة من الهيفا معتمدة على الفحص بالميكروسكوب الإليكترونى .
(عن Grove et al, 1970) .

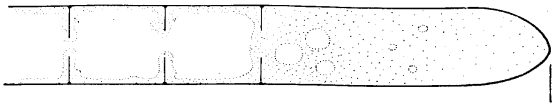
١ – الجدار الخلوى :

يتركب الجدار الخلوى للفطريات من معقدات من الجلوكـــان glucan polymers ، ويتميز هذا الجدار بالليونة عند القمة النامية للهيفا ، أما بقية جدر الهيفات فهى صلبة ، غير مرنة ، وغير قابلة للتمدد ؛ وهذا يجعل الهيفات قادرة على اختراق البيئات الصلبة التى تنمو فيها .

ويحتوى الجـــدار الخـــلوى لهيفـــات معظم الفطريات على كميـــة قليلة من الشيتين chitin ؛ وهو مركب معقد صلب يتم تخليقه مـــن مـــادة N-acetylglucosamine ، يعمل على صلابة الجدر الخلوية للهيفات الفطرية . ولكن لا يوجد الشيتين فى هيفـــات بعض الفطريات ؛ مثل الفطريات البيضية ، وبعض الخمائر التابعة للفطريات الأسكية .

ويكون الشيتين ٣–٦٠٪ من الوزن الجاف للجدار الخلوى ، وعادة يرتبط الشيتيـــن بالجلوكانات ؛ مثل
non-cellulosic β-1,3 and 1,6 linked glucans و α 1,3 and 1,4 linked glucans .

ولقد قسم Bartnicki-Garcia (1968) الجدر الهيفية للفطريـــات – مـــن ناحيـــة محتواها من السكريات المعقدة – إلى ثمانى مجموعات ، حيث وجد أن هذا التقسيم ذو علاقة ارتباطية بالمجاميع التقسيمية للفطريات .

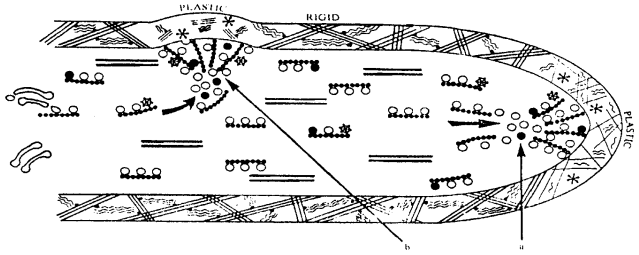


قمـــة الـــهيفا – جدار خلوى مرن – ســـيتوبلازم متجانس .

جـــدار خلـــوى صلب – ظهور فقاعـــات فـــى السيتوبلازم .

وجود الجدر العرضية – فقاعات كبيرة الحجـــم– السيتوبلازم موجود على صورة طبقة رقيقة على محيط الخلية الخارجى تحت الجـــدار الخلـــوى ، ويحتوى على الأنوية .

شكل (١ – ٤) : رسم يوضح تركيب هيفا مقسمة ، وطريقة نموها طرفيا .



شكل (١ – ٥) : صفات النمو الطرفى وتفرع هيفا الفطر ، وتكوين الفقاعات الصغيرة microvesicles ذات الأنواع المتعددة والمتكونة عن طريق أجسام جولجى Golgi bodies ؛ والتى تنتقل إلى القمة النامية (a) ومنطقة التفرع (b) . (عن Gooday, 1995) .

فعلى سبيل المثال ، وجد أن معظم الفطريات الراقية ذات الميسليوم المقسم تحتوى جدرها الخلوية على المعقد شيتين – جلوكان chitin - glucan ، بينما تحتوى جدر هيفات فطريات أخرى على المعقد سيليلوز – جلوكان cellulose - glucan والمعقد شيتين – شيتوزان chitin - chitosan ، والمعقد مانان – جلوكان mannan - glucan (جدول ١ – ٢) .

ويتركب الجدار الخلوى فى الفطريات البيضية التابعة للماستيجو مايكوتات Mastigomycotina ذات الهيفات غير المقسمة من السليلوز ؛ فعلى سبيل المثال يحتوى الجدار الخلوى للفطر *Phytophthora* على حوالى ٩٠٪ من وزنه الجاف جلوكان glucan ، ويعتقد أن ربع هذه الكمية عبارة عن سيليلوز (معقد من الجلوكوز المرتبط برابطة β-1,4) ، والباقى عبارة عن معقدٍ من سلاسل متفرعةٍ من الجلوكوز المرتبط بروابط β-1,3 و β-1,6 .

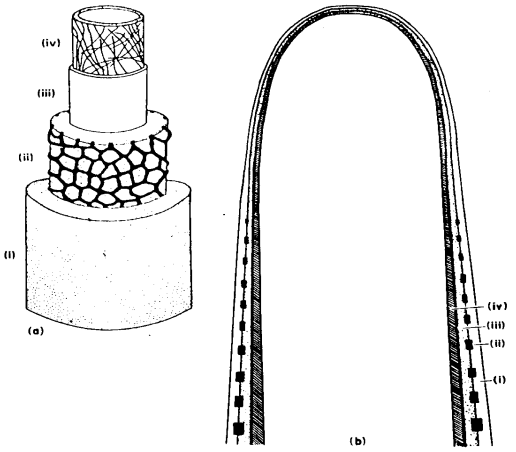
جدول (١ - ٢) : التركيب الكيميائى لجدر هيفات المجاميع الفطرية.
عن (Bartnicki-Garcia, 1968)

المجموعة التقسيمية		التركيب الكيميائى للجدار الخلوى
١ - الأكراسيوميسيتات	Acrasiomycetes	معقد من السيليلوز والجيكوجين cellulose - glycogen
٢ - الفطريات البيضية	Oomycetes	معقد من السيليلوز والجليكان cellulose - glycan
٣ - الهيفوكيتريديوميستات	Hyphochytridiomycetes	معقد من السيليلوز والشيتين cellulose - chitin
٤ - الفطريات الزيجية	Zygomycetes	معقد من الشيتين والشيتوسان chitin - chitosan
٥ - الفطريات الكيتريدية	Chytridiomycetes	معقد من الشيتين والجلوكان chitin - glucan
الفطريات الأسكية	Ascomycotina	معقد من الشيتين والجلوكان chitin - glucan
الفطريات البازيدية	Basidiomycotina	معقد من الشيتين والجلوكان chitin - glucan
الفطريات الناقصة	Deuteromycotina	معقد من الشيتين والجلوكان chitin - glucan
٦ - الفطريات الأسكية غير الحقيقية؛ وتشمل عائلات الخمائر	Hemiascomycetes Saccharomycetaceae Cryptococcaceae	معقد من المانان والجلوكان mannan - glucan
٧ - الفطريات البازيدية عائلة	Basidiomycotina Sporobolomycetaceae	معقد من المانان والشيتين mannan - chitin
٨ - الترايكوميسيتات	Trichomycetes	معقد من البولى جلاكتوزأمين والجلاكتان polygalactos amine - galactan

ومن المميزات الأخرى لجدر هيفات الفطريات البيضية ، وجود الحمض الأمينى هيدروكسى برولين hydroxyproline . ولا يوجد هذا الحمض الأمينى فى الفطريات ذات الجدر الشيتينية ، ولكنه يميز الجدر الخلوية للطحالب الخضراء والنباتات البذرية . ويعتقد أن هذا الحمض الأمينى يكون رابطة هامة بين السليلوز وبروتينات الجدار الخلوى .

ومن ناحية أخرى ، تتركب جدر هيفات الفطريات الزيجية من معقد الشيتين والشيتوسان chitin chitosan ؛ حيث يعتبر الشيتوسان معقدا شبيها بالشيتين ، ولكنه خال من حمض الخليك non-acetylated chitin-like polymer .

كما أن تركيب الجدار الخلوى لاى نوع من الفطريات ليس متشابها تحت جميع الظروف ، بل على العكس من ذلك ، فالمركبات التى قد تكون موجودة فى الهيفات الفطرية عند بداية تكوينها قد تختفى كلية عندما تتقدم هذه الهيفات فى العمر .



شكل (١ - ٦) : (a) : رسم تخطيطى لطبقات الجدار الخلوى للفطر *Neurospora* .
(i) : طبقة الجلوكانات glucans الخارجية .
(ii) : طبقة مكونة من شبكة الجلوكانات المغمورة فى بروتين الجدار الخلوى .
(iii) : طبقة البروتين الجدارى الأساسية .
(iv) : الطبقة البروتينية الداخلية والتى بنغمد فيها الألياف الشيتينية الدقيقة chitin microfibrils .
(b) : رسم تخطيطى لتركيب الجدار الخلوى عند منطقة القمة النامية للفطر *Neurospora* تتضح فيه طبقات الجدار .
(عن Burnett, 1976) .

وقد تترسب بعض المركبات الأخرى على الجدار الخلوى ؛ لتخفى تحتها مركبات أخرى سابقة ؛ مما يجعل الكشف عن مثل هذه المركبات صعبا للغاية . وتلعب بعض العوامل الخارجية – مثل درجة الحرارة ، ورقم الحموضة – دورا هاما فى تركيب الجدار الخلوى لمثل هذه الفطريات .

وعلى سبيل المثال ، وجد معقد المانوز mannose فى الجدر الخلوية للخمائر ، بينما وجد معقد المانان والجلوكان فى جدر الخمائر الحقيقية ، والأطوار الشبيهه بالخمائر فى بعض الفطريات الأخرى . ويوجد معقد المانان فى مثل هذه الفطريات خلال فترة تكوينها للخلايا المتبرعمة الشبيهه بالخميرة ؛ حيث يعمل على مرونة خلاياها وسهولة تبرعمها .

ويتميز الجدار الخلوى لهيفات معظم الفطريات بتكوين متعدد الطبقات ؛ حيث تظهر الطبقة الداخلية مكونة من نسيج محبوك من ألياف دقيقة microfibrillar texture ، بينما يبدو السطح الخارج للجدار غير مميز التركيب . ويوضح شكل (١ – ٦) المناطق الأساسية لتركيب طبقات جدار هيفا فطر *Neurospora* .

٣ – المحتويات الداخلية للخلية الفطرية :

تشبه خلايا هيفات الفطريات الحقيقية خلايا النباتات الخضراء من ناحية بعض محتوياتها الداخلية ؛ فبرغم احتواء كلتيهما على أنوية حقيقية ، محاطة بغشاء نووى مزدوج توجد به ثقوب تعمل كممرات لتبادل المواد الغذائية وغيرها بين النواة والسيتوبلازم ، إلا أن عدد هذه الأنوية يختلف فى كل من خلية الفطر وخلية النبات .

فعلى سبيل المثال تحتوى خلايا النبات – عادة – على نواة واحدة ، ولكن تحتوى خلايا الهيفات المقسمة على نواة واحدة أو نواتين أو عديد من الأنوية ؛ وذلك على حسب نوع الفطر والطور الذى يمر به خلال دورة حياته . وفى بعض الحالات تحتوى خلايا الفطر على عدد كبير جدا من الأنوية ؛ كما فى حالة الفطر *Neurospora crassa* الذى يصل فيه عدد الأنوية إلى حوالى ١٠٠ نواة فى الخلية الواحدة .

ويحتوى سيتوبلازم الخلية الفطرية على جسيمات صغيرة تسمى الميتوكوندريا mitochondria ، وهى تشبه – إلى حدّ كبير – نظيراتها الموجودة فى سيتوبلازم

خلايا النباتات الخضراء . وتلعب هذه الجسيمات دورا كبيرا في عملية النشاط الحيوى للفطر، وخاصة خلال مراحل تحليل المواد الغذائية ، وإعادة بناء المركبات المعقدة داخل خلايا هيفات الفطر (شكل ١ – ٢ ، ١ – ٣) .

وبالإضافة إلى ما سبق ، تحتوى خلايا الفطر على فجواتٍ عصيريةٍ ، وجليكوجين ، وقطراتٍ زيتيةٍ ، ومواد أخرى توجد معلقة أو ذائبةٍ فى السيتوبلازم . ولا يوجد نشا داخل خلايا الفطر ، ولكن يوجد جليكوجين Glycogen (نشا حيوانى) ، وهو يشبه النشا فى تركيبه الكيميائى ، كما توجد عديد من الأحماض العضوية .

وتتعلق فى السيتوبلازم حبيبات صغيرة من مادة الفوليوتين volutine ؛ وهى عبارة عن أحماض نوويةٍ متحدة مع الفوسفات ، بالإضافة إلى بعض المواد العضوية الأخرى .

وتختلف خلايا الفطر عن خلايا النباتات الخضراء والطحالب – بصفة أساسية – فى عدم وجود البلاستيدات الخضراء وصبغة الأنثوسيانين anthocyanin . وفى حالة الفطريات الملونة – مثل فطريات عيش الغراب – تحتوى الخلايا على صبغاتٍ أخرى غير ممثلةٍ للضوء ، وليس لها أى دور وظيفى فى الخلايا ، ولكنها تنتج كأحد نواتج التمثيل الغذائى الثانوية . وقد تفرز مثل هذه الصبغات خارج هيفات الفطر ، وتلون البيئة التى تنمو عليها هذه الهيفات .

وتحتوى خلايا الهيفات الفطرية على نسبة عالية من الماء ، تتراوح بين ٦٠ و ٩٠٪ ، حيث تزداد هذه النسبة فى الفطريات اللزجة وتقل فى التراكيب الفطرية الصلبة مثل الأجسام الحجرية . كما تتفاوت نسبة وجود العناصر المختلفة فى الخلايا الفطرية ، ولكن العناصر الهامة هى الكربون والنيتروجين والهيدروجين والأكسوجين والكبريت والفوسفور والبوتاسيوم والماغنسيوم والحديد .

ثانياً ـ النمو الطولي و التفرع الجانبى :

يتكون ميسليوم الفطر من هيفاتٍ متفرعةٍ تفرعا أحادى الشعبة monopodial ؛ حيث يتم التفرع على طول المحور الأصلى . وينتج من هذا التفرع المتكرر نموات هيفية جانبية تتوقف كثافتها على نوع الفطر والظروف المحيطة به .

ولا يتم التفرع أسفل القمة النامية للهيفا مباشرة ، ولكن تترك – عادة – مسافة بعد النمو القمى للمحور الأصلى للهيفا دون تفرع ، يعمل على استمرار النمو الطولى للهيفا؛ مخترقة المادة التى تنمو عليها (شكل ١ – ١) . ويتوقف معدل النمو الطولي rate of growth للفطر على مدى قدرة القمة النامية للهيفا على التمدد ، وعلى ملاءمة ظروف التغذية والبيئة المحيطة لنمو هيفات الفطر .

ويتوقف طول المسافة بين الفروع الجانبية التى تظهر على طول محور الهيفا الأصلى بمجموعةٍ من العوامل ، بعضها يرتبط بنوع الفطر ، والبعض الآخر بالعوامل الخارجية ؛ مثل تركيز الأكسوجين ووفرة العناصر الغذائية . وتتمدد هيفات الفطر نتيجة دفع البروتوبلازم المتكون ، والذى يرتبط تكوينه بمستوى التغذية .

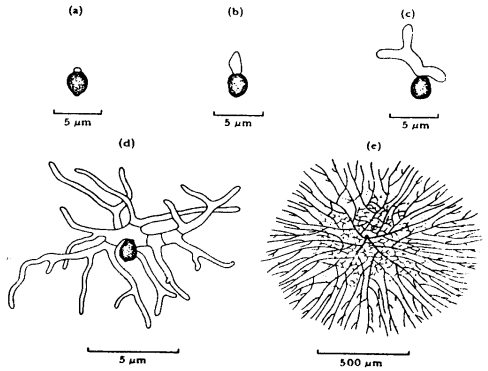
وتكون هيفات الفطر المتكونة وثيقة الاتصال بالطبقة العضوية التى تنمو عليها ؛ حيث تستمد غذاءها عن طريق الانتشار الغشائى المباشر . وتفرز هيفات الفطر مجموعة متباينة من الإنزيمات الخارجية المحللة للمواد العضوية ، تعمل على استفادة الفطر من مختلف المواد الصالحة لغذائه . كما يعمل نمو الهيفات وتفرعها على زيادة أسطح تلامسها مع المادة العضوية النامية عليها .

ويبدأ نمو الهيفات الفطرية – عادة – كأنبوب قصير ينبثق من جرثومة أو كونيدة نابتة ؛ حيث تميل هذه الهيفات للنمو بطريقةٍ مماثلةٍ فى جميع الاتجاهات ، من نقطةٍ مركزيةٍ تمثلها الجرثومة أو الكونيدة أو أية وحدةٍ تكاثريةٍ أخرى ؛ حيث تتكون – بعد ذلك – مستعمرة كروية الشكل ، وخاصة إذا نما الفطر فى بيئةٍ سائلةٍ (شكل ١ – ٧) .

وعند نمو هذه الهيفات الفطرية على سطح بيئةٍ صلبةٍ ، فإنها تنمو – أيضا – فى جميع الاتجاهات على ثلاثة مستوياتٍ ، مكونة مستعمرةً ذات شكلٍ محدبٍ . وينمو على سطح المستعمرة هيفات هوائية aerial hyphae ، بينما تخترق بقية الهيفات المادة العضوية التى ينمو عليه الفطر . وتساعد الانزيمات المحللة التى تفرزها هيفات الفطر على اختراقها للمواد العضوية الصلبة التى تنمو عليها ؛ حيث تعتمد قدرة الهيفات الفطرية على اختراق مثل هذه المواد العضوية على مدى التهوية المتاحة .

وتظهر على المحيط الخارجى للمستعمرة الفطرية أطراف القمم النامية لهيفات الفطر وفروعها الجانبية ؛ حيث تنمو المحاور الرئيسية لهذه الهيفات بطريقةٍ متوازيةٍ ، بينما تتداخل الفريعات الجانبية بعضها مع بعض مكونة شكلا شبكيًا . وتتركز فى مركز المستعمرة أقدم هيفات الفطر عمرا ؛ حيث تظهر عليها التراكيب الفطرية الحاملة للوحدات التكاثرية .

وتؤثر ظروف التغذية على طبيعة نمو هيفات الفطر وتكوينها للفروع الجانبية ؛ فعلى سبيل المثال إذا كانت البيئة التى ينمو عليها الفطر فقيرة غذائياً ، اختزلت النموات الجانبية ، وانحصر النمو الهيفى فى تكوين الهيفات الأساسية المحورية التى تنمو بسرعةٍ باحثة عن مناطق أخرى قد تكون أكثر وفرة فى مادتها الغذائية ؛ وهذا يجعل الفطر أكثر قدرة على النمو متخطيًا ظروف قلة الغذاء .



شكل (١ - ٧) : تطور تكوين مستعمرة فطريةٍ من جرثومة وحيدةٍ .

(a) بداية إنبات الجرثومة .
(b) ظهور أنبوب الإنبات .
(c) تفرع أنبوب الإنبات .
(d) تكوين هيفات متفرعةٍ ومقسمةٍ .
(e) مستعمرة فطرية دائرية النمو ذات هيفاتٍ متشابكة .

ويكون الغزل الفطرى (الميسليوم mycelium) أثناء نموه أشكالا مختلفة من الأنسجة الفطرية plectenchyma ؛ حيث تتكون هذه الأنسجة الفطرية - عادة - من هيفات مفككة متوازية يسهل تمييز بعضها من بعض ، يطلق عليها اسم النسيج البروزنشيمى prosenchyma ، بينما تكون بعض الفطريات أنسجة فطرية مندمجة تتكون من هيفات فقدت فرديتها ولا يمكن التمييز بينها ، وتسمى بالنسيج البارانشيمى الكاذب pseudoparenchyma كما فى أنسجة فطريات عيش الغراب .

وفى بعض الفطريات يختزل النمو الميسليومى ولا تتكون هيفات فطرية ، بل يكون الفطر خلايا منفردة وحيدة صغيرة الحجم ، تنقسم مكونة وحدات أخرى تبقى على الخلية الأم لفترة ، ثم تتحرر بعد ذلك ، أو يتم الانقسام والتحرر فى نفس الوقت .

ومن أمثلة هذه الفطريات الخمائر yeasts ؛ حيث تنمو خلية الخميرة حتى تصل إلى أقصى حجم لها ، ثم تنقسم بعد ذلك . وهناك طريقتان لانقسام خلايا الخميرة : الأولى فى حالة الخمائر المنقسمة fission yeasts ؛ حيث تنقسم الخلية التامة النمو إلى خليتين متشابهتين فى الشكل والحجم ، ثم تنمو الخلايا المنقسمة بعد ذلك ، وتعاود الانقسام بعد استكمال نموها ... وهكذا، مادامت هناك وفرة فى المواد الغذائية (شكل ١ - ٨).

ويتضاعف عدد أفراد عشيرة الخميرة المنقسمة مع الوقت ، وخاصة أن الوقت اللازم للانقسام والتضاعف قليل نسبيًا ، لا يتجاوز ٢٠ دقيقة ؛ وذلك عند الظروف المناسبة . وعلى الرغم من صغر حجم هذه الخميرة ، إلا أن الكتلة الحيوية النهائية الناتجة عن الانقسام تكون هائلة .

وفى الطريقة الثانية ، تتبرعم خلايا الخميرة budding عند نقطة من جدارها الخلوى، وتستمر الخلية المتبرعمة متصلة بالخلية الأم . وعندما تصل الخلية البرعمية إلى الحجم الحرج فإنها تنفصل عن الخلية الأم ، وتبدأ هى الأخرى فى التبرعم ... وهكذا (شكل ١ - ٨) .

وقد تتبرعم خلية الخميرة من أكثر من نقطة على سطح الخلية فى وقت واحد ، وأيضا قد تتبرعم الخلية البرعمية قبل انفصالها عن الخلية الأم ؛ وبذلك تتكون كتل من سلاسل من خلايا الخميرة المتبرعمة ؛ وهذا يؤدى إلى تضاعف قدرة الخميرة على التكاثر ، وتكوين أفراد جديدة .

ثالثاً ـ التكاثر Reproduction :

بعد أن يمضى الفطر فترةٍ من نموه الميسليومى ، فإنه يبدأ فى تكوين وحدات تكاثريةٍ متخصصةٍ ، يطلق عليها – عادة – اسم " جراثيم spores " . وتتيح هذه الوحدات الانتشار السريع للفطر إلى أماكن أخرى قريبةٍ من مكان نموه ، أو بعيدةٍ كل البعد عنها . كما تساعد هذه الوحدات الفطرية على الاحتفاظ بحيوية الفطر – خاصة تحت الظروف السيئة – لفتراتٍ طويلةٍ قد تصل إلى عدة سنواتٍ .

ويهدف الفطر – من تكوين هذه الوحداتِ التكاثرية – إلى تكوين أفرادٍ جديدةٍ تحتفظ بجميع خصائص النوع . وتتكوّن هذه الوحدات التكاثرية بطريقتين : جنسيةٍ أو لاجنسية ، ويتميز التكاثر الجنسى باندماج أنويةٍ أو خلايا أو أعضاءٍ جنسية ، بينما لا يتضمن التكاثر اللاجنسى ذلك .

١ – التكاثر اللاجنسى Asexual Reproduction :

يشمل هذا النوع من التكاثر أية طريقةٍ يتبعها الفطر للتكاثر لإنتاج أفرادٍ جديدةٍ متطابقةٍ وراثيا مع الميسليوم الفطرى المكون لها ؛ مثل تفتت هيفات الفطر مكونة جراثيم مفصلية arthrospores ، أو أويدات oidia ، أو جراثيم كلاميديةٍ chlamydospores ، أو انشقاق الخلايا الجسدية أو تبرعمها كما هى الحال فى الخمائر . وبالإضافة إلى ما سبق ، يعتبر تكوين الجراثيم – خاصة الكونيدية conidia – هى أكثر طرق التكاثر اللاجنسى شيوعا بين الفطريات .

وتتفاوت الجراثيم اللاجنسية ؛ من حيث اللون ، والحجم ، والشكل ، وعدد الخلايا ، والطريقة التى تتكون بها ؛ بدرجةٍ كبيرةٍ تجعل من دراسة مثل هذه الجراثيم علما قائما بذاته ، يُعتمد عليه فى تصنيف هذه الفطريات وتعريفها .

وقد تتكون هذه الجراثيم داخل حوافظ جرثومية (أكياس أسبورانجية sporangia) ، وتعرف حينئذٍ باسم الجراثيم الأسبورانجية sporangiospores (شكل ١ – ١٠) ، أو تتكون الجراثيم على أطراف أو جوانب هيفاتٍ فطريةٍ متخصصةٍ تحمل عليها ، وتعرف حينئذٍ باسم " الكونيديا conidia " (شكل ١ – ١١) .

وتشبه الحافظة الجرثومية شكل الكيس ؛ حيث تتحول جميع محتوياتها الداخلية – عادةً – إلى عدة جراثيم ، قد تكون متحركة (جراثيم سابحة zoospores) ، أو تكون غير متحركةٍ (جراثيم ساكنة aplanospores) .

وتزود الجراثيم السابحة بسوطٍ واحدٍ أو سوطين flagella ، ويوجد على الأقل طرازان من الأسواط فى الفطريات ، الكرباجى whiplash ، والبهرجانى tinsel الطراز . وينقسم السوط الكرباجى إلى جزأين ، يكون القاعدى منهما صلبا وأكثر طولا من الجزء الطرفى ، أما السوط البهرجانى فإنه يتكون من محور ريشىّ طويل يظهر على امتداد محوره بروزات جانبية تشبه الشعر (٣ – ١١) .

ويطلق على الأكياس المحتوية على مثل هذه الجراثيم السابحة اسم zoosporongia؛ بحيث تتحرر الجراثيم من فتحةٍ خاصةٍ فى قمة الكيس ، ثم تسبح لفترةٍ ، وبعد ذلك تفقد أهدابها أو تسحبها إلى داخل سيتوبلازم الجرثومة . ويتكون جدار صلب حول الخلية الساكنة العادية ، وبعد ذلك بفترةٍ تنبت الجراثيم معطية أنبوب إنبات قصيراً germ tube (شكل ١ – ٩) .

وعلى أية حال ، تتشابه الجراثيم الهدبية المتحركة والجراثيم الإسبورانجية والكونيديا فى كونها تحتوى على جزءٍ مّن سيتوبلازم الاباء parent s cytoplasm ، وأيضا على أنويةٍ تحمل نفس الصفات الوراثية الأبوية ؛ وبالتالى فإنه عندما تنمو واحدة من هذه التراكيب اللاجنسية الفطرية ، فإنها تعطى ميسليوما متطابقا وراثيًّا مع ميسليوم الاباء parent mycelium .

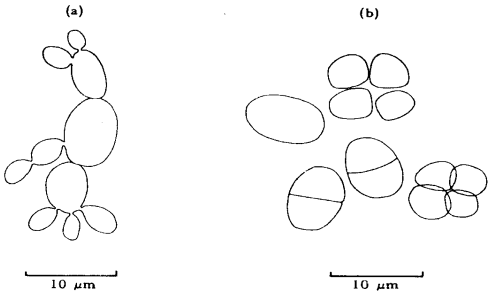
وتعمل هذه الوحدات الفطرية على الانتشار السريع للفطر إلى أماكن أخرى جديدة ؛ حاملة معها نفس صفات الآباء دون أى تغيير . كما أن هذه الوحدات الفطرية الصغيرة تتميز بعمرها القصير ؛ الذى قد يصل إلى عدة ساعاتٍ فقط ، بعدها تفقد حيويتها وتفشل فى الإنبات . ويرجع ذلك إلى احتوائها على مخزونٍ غذائىّ قليل ، بالإضافة إلى حساسيتها للعوامل المعاكسة التى تؤثر على حيويتها ؛ نظراً لرقة جدارها الخلوى .

ومن الناحية الإحصائية ، فإن فرصة وصول وحدةٍ فطريةٍ لاجنسيةٍ إلى مكانٍ ملائم للإنبات وتكوين مستعمرةٍ فطرية جديدةٍ هى فرصة ضئيلة للغاية ؛ وهذا يفسر تكوين الفطر أعداداً هائلة من هذه الوحدات الفطرية اللاجنسية ؛ حيث تتيح هذه الأعداد

اللانهائية الفرصة لبعض هذه الوحدات للوصول إلى البيئة المناسبة ؛ منتجة ميسـليوما يحمل وحدات أخرى جديدة ، بينما تهلك معظم الوحدات الفطرية اللاجنسية الأخرى .

وعلى الرغم من مميزات التكاثر اللاجنسى التى سبقت الإشارة إليها ، إلا أنه يعيبها تكوين أفراد جديدة تحمل نفس الصفات القديمة ؛ فهى نسخ مكررة من الاباء ، تحمـل نفس سلوكها بماله وما عليه ، دون تطور ولا تغير مع ظروف البيئة الدائمة التباين .

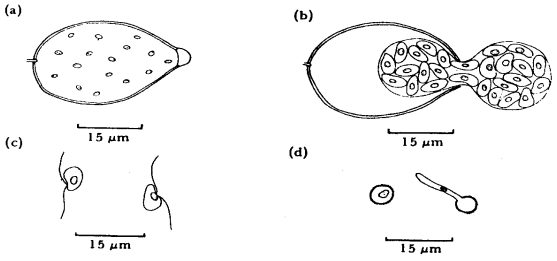
إن الأفراد الناتجة من التكاثر اللاجنسى أفـراد نمطية غبية ، تعيش وسط ظـروف قاسية وأعداء طبيعية لا ترحم ، فإذا استمرت هذه الأفراد فى التكاثر لاجنسـيا لفـترة طويلة انقرضت ، وأصبحت ذكرى قد تحملها إلينا حفرية فطرية قديمة .



شكل (١ – ٨) : طريقتان لانقسام خلايا الخميرة .

a) : التبرعم فى خميرة *Saccharomyces* . (b) : الانقسام الثنائى فى خميرة *Schizosaccharomyces* .

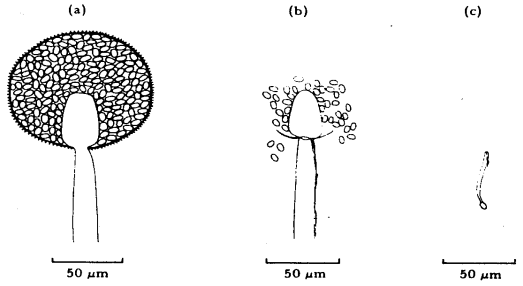
وقد تلجأ بعض الفطريات إلى تكوين طفرات ، فى محاولة منـها لتغيـير بعـض صفـاتها ، ولكن من الذى يضمن أن مثل هذه الطفرات تحمل صفات جيـدة ؟ ، بـل على العكس من ذلك ، فإن معظم هذه الطفرات تكون سيئة ، وتعجل بانقراض مثل هذه الأنواع الفطرية السيئة الحظ .



شكل (١ – ٩) : الأكيـاس المحتويـة على الجراثيم الهدبية السابحة zoosporangia فى الفطر *Phytophthora* .

(a) : كيس متعدد الأنوية . (b) : ظهور الجراثيم الهدبية وحيدة النواة.

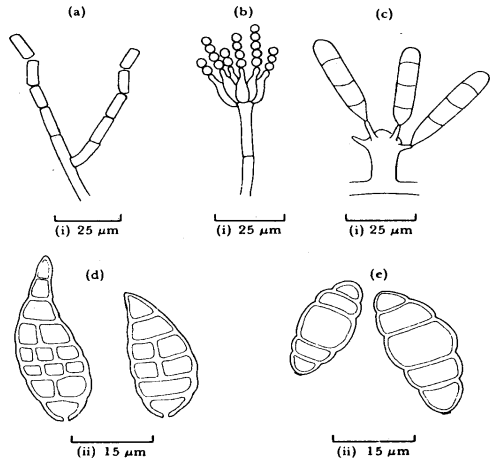
(c) : جراثيم هدبية ذات سوطين. (d) : جرثومة متحوصلة وأخرى نابتة .



شكل (١ – ١٠) : كيس أسبورانجى للفطر *Mucor* .

(a) : كيس أسبورانجى يحـتوى على جراثيم أسـبورانجية غـير متحـركـة

(b) : تحرر الجراثيم الأسبورانجية . (c) : إنبات جرثومة أسبورانجية .



شكل (١ - ١١) : كونيديات وحوامل كونيدية لبعض الفطريات الناقصة.

(a) : *Geotrichum* .
(b) : *Penicillium* .
(c) : *Dactylaria* .
(d) : *Alternaria* .
(e) : *Curvularia* .

ليس هذا فقط ، بل إن بعض الطفرات العشوائية تحملها الأجيال التالية ، وتورثها أحفادها التى لا تستطيع التخلص منها ، اللهم إلا إذا عكست هذه الطفرة بطفرة أخرى على نفس الجين ، وهذا أمر بعيد الاحتمال . وهكذا – ومع مرور الوقت – تظهر أخطاء طفرية أخرى تشوه الصفات الوراثية للأجيال التالية .

ولقد وجدت الفطريات فى التكاثر الجنسى حلا نموذجيا لهذه المشكلة الحيوية الهامة التى تهدد بقاءها ؛ فالتكاثر الجنسى شئ رائع ، يتم خلاله التطهر من الطفرات

السيئة ؛ وذلك عن طريق تمريرها إلى بعض الأفراد دون الأخرى . ويساعد التكاثر الجنسى على تطور الفطريات ، وزيادة قدرتها على مواجهة تحديات البيئة والظروف الصعبة التى تواجهها .

٣ – التكاثر الجنسى Sexual Reproduction :

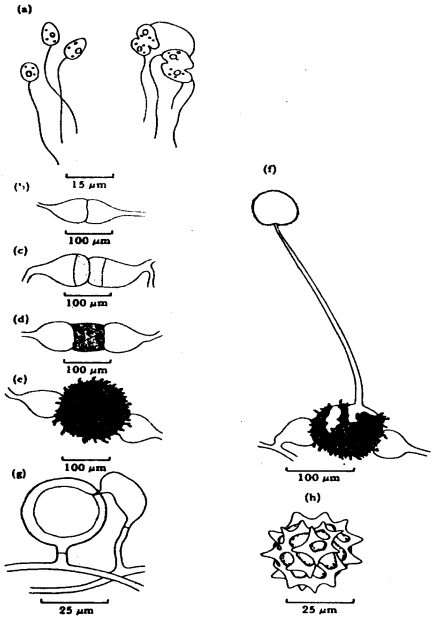
إن التعفف عن الجنس فى الفطريات شئ غير مرغوب فيه ؛ فهو سلوك عارض ضد التطور ، ونحن نعتبر أن الفطريات التى لا يظهر لها سلوك جنسى فى تكاثرها ينقصها شئ هام ؛ لذا نطلق عليها اسم " الفطريات الناقصة Fungi Imperfecti " ، وإن كانت هذه الفطريات تسلك سلوكا يتم خلاله نقل جزء من المادة الوراثية من فرد إلى اخر بطرق مختلفة .

ويعمل التكاثر اللاجنسى الذائع الصيت فى الفطريات على إثقالها بتحمل وزر أخطاء وراثية عديدة ؛ حتى لتعجز بعض أفرادها عن الاستمرار على قيد الحياة . وقد لا تستطيع بعض الأفراد الأخرى من هذه الفطريات الاستمرار فى السباق التطورى مع اقرانها المتكاثرة جنسيًا ؛ وبذلك تؤدى عزوبية الفطريات إلى أن تشيخ سلالاتها وتهرم، ثم تنقرض وتصبح نسيا منسيًا .

ويعتبر التكاثر الجنسى فى الفطريات وسيلة ملائمة لتجميع الأفضل ، والتخلص من الأسوأ ، وهو نوع من تخلص الخلف من أخطاء السلف ، إنه نافورة الصبا السرمدى للجينات التى تحملها الأفراد الفطرية ، متحدية بها الزمن والأعداء الطبيعية والظروف السيئة .

ويتضمن التكاثر الجنسى فى الفطريات اندماج نواتين متآلفتين compatible nuclei وذلك خلال ثلاثة أطوار مميزة ؛ هى : الاقتران البلازمى plasmogamy ، يليه الاقتران النووى karyogamy ، ثم يتبع ذلك انقسام النواة الناتجة عن الاندماج انقساما اختزاليًا meiosis .

ويعمل الاقتران البلازمى على الجمع بين نواتين أحاديتى المجموعة الصبغية فى خلية واحدة ؛ حيث يؤدى الاقتران النووى إلى اندماجهما فى نواة لقاحية واحدة ثنائية المجموعة الصبغية ، ثم يعمل الانقسام الاختزالى إلى إعادة حالة أحادية المجموعة الصبغية فى الأربع نويات الناتجة عنه .



شكل (١ - ١٢) : بعض نماذج التكاثر الجنسى فى الفطريات ذات الميسليوم غير المقسم .

a - اتحاد جاميطتين متحركتين بأسواط .

b - e - اتحاد جاميطات غير متحركة من نفس الحجم فـــى الفطـــر *Mucor* ، وتكوين جرثومة زيجية سميكة الجدار .

f - إنبات الجرثومة الزيجية مكونة كيسا أسبورانجيا .

g - اتحاد جاميطات متباينة فى الشكل والحجم فى الفطر *Pythium* .

h - جـــرثومة بيضية سميكة الجدار ناتجة من اتحاد الجاميطـــة المذكـــرة والجاميطة المؤنثة للفطر *Pythium* .

وتنتقل الأنوية الجنسية sexual nuclei بعضها إلى بعض بطرق مختلفة ؛ فقد تحمل فى خلايا متحركة motile cells ، وقد تكون أحدى الخلايا متحركة ، والأخرى غير متحركة ، أو تكون كلتا الخليتين غير متحركتين ، وتظلان ملتصقتين بهيفات الفطر .

وقد يكون مصدر هذه الأنوية نفس الميسليوم (homothalic mycelium) ، وقد يكون مصدر كل نواة ميسليوما مختلفا (heterothalic mycelium) . وفى بعض الحالات يمكن تمييز الخلايا الجنسية إلى خلايا ذكرية وأخرى أنثوية ، بينما فى حالات أخرى تتشابه هذه الخلايا الجنسية (الجاميطات) . وربما لا تتكون خلايا جنسية على وجه الإطلاق ، ويتم التكاثر الجنسى عن طريق اتحاد نواتين مختلفتين وراثيا فى خلية الميسليوم الثنائى الأنوية .

وتعتبر الجنسية فى الفطريات أمورا نسبية مرنة ؛ ليست مبرمجة على الصورة التى نتخيلها نحن البشر ؛ ففى أرقى الفطريات (عيش الغراب) لا تشاهد تلك التراكيب الجنسية (الجاميطات) ، والتى تشاهد – عادة – فى غيرها من الفطريات الأخرى .

ولولا التكاثر الجنسى لما حدث التطور ، ولما كان علم الوراثة والهندسة الوراثية، ولما حافظت الفطريات على أفرادها وسط هذا الصراع الهائل والمنافسة المدمرة بين الكائنات الحية بعضها البعض ، وبينها وبين عوامل البيئة من حولها .

رابعا - جراثيم الانتشار والجراثيم المتحملة للظروف السيئة :

تكون الفطريات جراثيم متعددة الأغراض ، بعضها ينتج بغرض المحافظة على حيوية الفطر متحملة الظروف البيئية السيئة ، بينما تعمل أنواع أخرى من الجراثيم على انتشار الفطر من مكان نموه إلى أماكن أخرى قد تكون أوفر غذاء أو أفضل فى ظروفها البيئية ، أو أقل أعداء طبيعية .

ويطلق على الجراثيم التى تكونها الفطريات بغرض الانتشار اسم xenospores ، بينما تسمى الجراثيم المتحملة للظروف السيئة ؛ محتفظة بحيويتها لفترة طويلة ، اسم memnospores (Dix & Webster, 1995) . ويعتبر هذا التقسيم تقسيما وظيفيا ؛ حيث يمكن لهذه الجراثيم أن تتكون عن طريق التكاثر الجنسى أو اللاجنسى للفطريات .

وتتميز جراثيم الانتشار xenospores بكونها خفيفة الوزن ، رقيقة الجدر . أما الجراثيم المتحملة للظروف السيئة memnospores فهى سميكة الجدر ، كبيرة الحجم ، ذات محتوى عالٍ من المواد الغذائية الزيتية المدخرة .

وقد يكون ميسليوم الفطر نوعاً واحداً أو أكثر من جراثيم الانتشار ، وخاصة إذا اختلفت وسيلة انتشار كل نوع من هذه الجراثيم المتكونة ؛ حيث يعمل ذلك على زيادة فرصة الفطر فى نشر وحداته الفطرية إلى مناطق أخرى وبيئاتٍ جديدة .

كما يمكن لميسليوم الفطر إنتاج جراثيم انتشار خلال فترة نموه ، فإذا ساءت الظروف البيئية أو شح الغذاء كون الفطر جراثيمه المتحملة للظروف السيئة . ويطلق على ظاهرة تكوين أنواع مختلفة من جراثيم الفطر على نفس الميسليوم اسم " pleomorphism " .

١ – جراثيم الانتشار Xenospores :

تختلف طريقة تكوين هذه الجراثيم من فطر إلى آخر ؛ فقد تكون هذه الجراثيم لاجنسية ؛ مثل : الكونيديات conidia ، والجراثيم الإسبورانجية sporangiospores، والجراثيم الهدبية zoospores ، وقد تكون جراثيم جنسية ؛ مثل الجراثيم البازيدية basidiospores .

وتتحرر هذه الجراثيم سلبيًا ؛ حيث تنفصل عن حواملها عندما يستكمل تكوينها وتنضج ، وتحملها الرياح أو مياه الرى أو الحشرات إلى أماكن أخرى ، وقد تقذف جراثيم الانتشار بقوة تبعاً لآليةٍ معينةٍ ؛ كما هى الحال فى فطر قاذف القبعة *Pilobolus crystallinus* ، أو فطر المدفعية الفطرية *Sphaerobolus* .

وتعتمد جراثيم الانتشار – فى انتشارها البعيد المدى – على غيرها من الكائنات الحية ، أو على عوامل غير حيةٍ كالرياح والأمطار . وتعمل هذه العوامل غير الحية على زيادة انتشار الوحدات الفطرية إلى مناطق أخرى بعيدة كل البعد عن منشأ المستعمرة الفطرية ، وقد تصل – فى بعض الحالات – إلى الآف الكيلومترات ؛ كما هى الحال فى انتشار الجراثيم اليوريدية لفطريات الأصداء .

وتحمل جراثيم الانتشار – عادةً – مخزونا محدودا من الغذاء المدخّـــر ، وتعتمـد قدرتها فى استكمال نموها على حصولها – بعد ذلك – على مددٍ غذائيّ مـــن الوســط الذى تنمو فيه .

٣ – الجراثيم المتحملة للظروف السيئة Memnospores :

تتميز هذه الجراثيم – وغيرها من التراكيب الفطرية المشابهة – بقدرتها على البقاء حية فى مكان تكوينها ، متحملة الظروف السيئة التى يمر بها الفطر . وتعتبر الجراثيـم الكلاميدية chlamydospores من التراكيب الفطرية الشائعة التى تكونها الفطريات ذات الميسليوم المقسم .

وقد تتكون الجراثيم الكلاميديـة داخل كونيديات بعض الفطريات ؛ كما هى الحـال فى الأنـواع التابعة للجنـس *Fusarium* والفطـر *Mycocentrospora acerina* ، حيث تتكون هذه الجـراثيم تحت الظروف السيئة غير المناسبة لإنبـات كونيديـات الفطر .

ومن ناحية أخرى ، يمكن اعتبار بعض الجراثيم الجنسية ذات الجـدر السـميكة ، والتى تكونها الفطريات – مثل الجراثيـم البيضيـة oospores والجراثيـم الزيجيـة zygospores – من الجراثيم المتحملة للظروف السيئة memnospores .

وعلى الرغم من سمك الجدر الخلوية لهذه الجراثيم ، فإن بعض هذه الجراثيم تفقـد حيويتها بعـد فتـرةٍ ؛ وذلك لأن الغـذاء المـدخـر يكـون – عادةً – غـير كـافٍ لإمداد الجـراثيم باحتياجاتها الغذائيـة لفتـرةٍ طويـلـةٍ ، تتعرض خلالها للظـروف السيئة والمـواد المضادة للحيويـة التى تفرزهـا الكـائنـات الحيـة الأخـرى الموجودة حولها .

كما أن بعض هذه الجراثيم تفشل فى استكمال مراحل الإنبات ؛ وذلك لوقوعها فـى منافسةٍ شديدة على العناصر الغذائية الخارجية مع عديدٍ من الكائنـات الحيـة الدقيقـة الأخرى حولها ؛ حيث يثبط ذلك إنبات هذه الجراثيم .

وتفقد الجراثيم المتحملة للظروف السيئة جزءًا من غذائها المدخر عن طريق تنفسها البطئ ، وكلما زادت فتـرة بقائها دون إنباتٍ استُهلِك جزء كبير من هذا الغذاء المدخر ،

حتى تصل إلى مرحلة لا يكفى ما تحتويه من مادة غذائية إلى إنباتها وتكوين أنبوب إنبات . كما أن الغشاء السيتوبلازمى لهذه الجراثيم يكون أكثر تأثرا بالظروف السيئة المحيطة به كلما تقدمت فى العمر .

ولقد لوحظ انخفاض التمثيل الغذائى فى الجراثيم المتقدمة فى العمر ؛ حيث يؤدى ذلك إلى تشجيع الإنزيمات المحللة لمحتويات هذه الجراثيم ذاتيًا ، وفى هذه المرحلة تصبح مثل هذه الجراثيم المسنة أكثر تأثرا بالإنزيمات والتوكسينات التى تفرزها الكائنات الحية الدقيقة الأخرى التى تنمو معها فى نفس الوسط .

ومن العوامل الأخرى – التى تعمل على فقد هذه الجراثيم – تغذية بعض الحيوانات الصغيرة fungivorous animals عليها ؛ حيث تتعرض الجراثيم للعصاره المعدية القوية داخل القناة الهضمية لهذه الحيوانات . ومن أمثلة الحيوانات المتغذية على جراثيم الفطريات الحلم والنيماتودا ، بالإضافة إلى بعض الأوليات مثل الأميبا والبروتوزوا .

وبالإضافة إلى ما سبق ، تعمل عديد من الكائنات الحية الدقيقة على تحليل الجراثيم الفطرية المتحملة للظروف السيئة Memnospores ؛ مثل البكتيريا والفطريات المتطفلة والأكتينومايسيتات . ولقد وجد أثناء عزل بعض الجراثيم البيضية للأنواع التابعة للجنس *Pythium* و *Phytophthora* من التربة ، أن نسبة كبيرة من هذه الجراثيم كانت ميتة بفعل بعض فطريات التربة المتطفلة ، بالإضافة إلى عديد من أنواع البكتيريا والأكتينومايسيتات (Sneh et al., 1977) .

٣ – الأجسام الحجرية Sclerotia :

تعتبر الأجسام الحجرية أحد التراكيب الفطرية المتحملة للظروف البيئية السيئة ، والتى تكونها عديد من الفطريات التابعة لطوائف الفطريات الأسكية والبازيدية والناقصة . وتتكون هذه الأجسام الحجرية بطرق مختلفة ، فقد تتكون من هيفات وحيدة أو من عديد من الهيفات المتجمعة حول نفسها .

وتتميز الأجسام الحجرية بأنها تراكيب صلبة دائمة التكوين ، تختلف فى شكلها وحجمها تبعا لنوع الفطر المكون لها . وتُظهر هذه الأجسام الحجرية نوعا من

التخصص فى التركيب ؛ حيث تكون فى بعض الحالات قشرة خارجية داكنة اللـــون ، تتكون من عدة طبقاتٍ مندمجةٍ ، ذات لون داكن .

وخلال نضج الجسم الحجرى يفقد هذا الجسم جزءاً من محتوياتـــه المائيـــة ، كمـــا تتراكم داخله بعـــض المـــواد الغذائيـــة المدخـــرة ؛ مثـــل الجليكوجيـــن glycogen ، والترايهالوز trehalose ، وغيرها . وتنبت الأجسام الحجرية تحت الظروف المواتية ؛ منتجة ميسليوماً جديداً ، بينما ينتج عن إنبات الأجسام الحجريـــة لبعـــض الفطريـــات الأخرى تراكيب تناسلية .

ويمكن للأجسام الحجرية البقاء محتفظةٍ بحيويتها لعدة سنواتٍ ، أكثر من غيرها من التراكيب الفطرية الأخـــرى ؛ فعلى ســـبيل المثال ، تبـــقى الأجـــسام الحجـــرية للأنـــواع التابعـــة للجنس *Verticillium* حـــية فى التربـــة لمـــدةٍ تزيـــد عـــلى ١٤ سنة (Sussman, 1973) .

وتعتبر درجة الحرارة المنخفضة وارتفاع الرطوبة من العوامل غير المناسبة لبقـــاء الأجـــسام الحجـــرية على قيد الحياة لفترةٍ طويلةٍ ، كما تلعب بعض الأحيـــاء الدقيقـــة دوراً فعالاً فـــى فقـــد الأجســـام الحجريـــة لحيويتـــها ؛ مثـــل الفطريـــات المتطفلـــة والأكتينوميسيتات .

ويؤثر وجود نسبةٍ عاليةٍ من المواد العضوية فى التربـــة علـــى حيويـــة الأجســـام الحجرية ؛ حيث تشجع هذه المواد العضوية نشاط الكائنات الحية الدقيقـــة حـــول هـــذه الأجسام الحجرية . وتعتـــبر إضافة المخلفات العضوية المتحللة إلـــى التربـــة إحـــدى وسائل خفض فعالية الأجسام الحجرية للفطريات الممرضة للنبات .

وتحتوى بعض الأجسام الحجرية على مضاداتٍ حيويةٍ ؛ تكون فعالة ضـــد نشـــاط الأحياء الدقيقة فى التربة حول هذه الأجسام الحجرية ؛ مما يقلل من فعالية هذه الأحياء الدقيقة فى تثبيط حيـــوية الأجسام الحجرية . وعلى ســـبيل المثـــال اكتشـــف المضـــاد الحيوى بيرون Pyron المضاد لنمو البكتيريا ، والذى تفرزه الأجسام الحجرية للفطـــر *Rhizoctonia tuliparum* (Gladders & Coley - Smith, 1978) .

وتتكون التراكيب الفطرية المتحملة للظروف السيئة (مثل الجراثيـــم الكلاميديـــة ، والأجسام الحجرية) تحت الظروف غير المناسبة ؛ كنقص الغذاء ، وانخفـــاض نســـبة الكربون إلى النتروجين فى المادة الغذائية التى ينمو عليها الفطر .

ومعظم التراكيب الفطرية السابقة داكنة اللون ؛ ويرجع ذلك إلـــى ترســـيب مـــادة الميلانين فى جدارها الخلوى ، ويبدو أن ذلك يعمل على زيادة قدرة هذه التراكيب على البقاء محتفظة بحيويتها لفترة طويلة تحت الظروف البيئية السيئة .

خامساً - المراجع References :

Ainsworth, G. C. (1973) . Introduction and keys to higher taxa. In The Fungi : An Advanced Treatise. IVB. (Ainsworth, G. C. ; Sparrow, F. K. and Sussman, A. S., ed pp. 1 - 7 Academic Press. London and New York .

Bartnicki-Garcia, S. (1968) . Cell wall chemistry, morphogenesis, and taxonomy of fungi. Ann. Rev. Microbiol. 22 : 87 - 108 .

Burnett, J. H. (1976) . Fundamentals of mycology. 2nd edition, 673 pp. Edward Arnold, London .

Dix, N. J. and J. Webster (1995) . Fungal ecology. Chapman & Hall Pub. Cambridge, England .

Gladders, P. and H. J. R. Coley-Smith (1978) . Interactions between *Rhizoctonia tuliparum* and soil microorganisms. Ann. Appl. Biol. 89 : 131 .

Gooday, G. W. (1995) . The dynamics of hyphal growth. Mycol. Res. 99(4) : 385 - 394 .

Grove, S. M. and C. E. Bracker (1970) . Protoplasmic organization of hyphal tips among fungi : vesicles and spitzen korper. Journal of Bacteriology, 104 : 989 - 1009 .

Hawksworth, D. L. ; R. C. Sutton and G. C. Ainsworth (1983) . Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi. 7th edition. 412 pp. Commonwealth mycological institute, Kew .

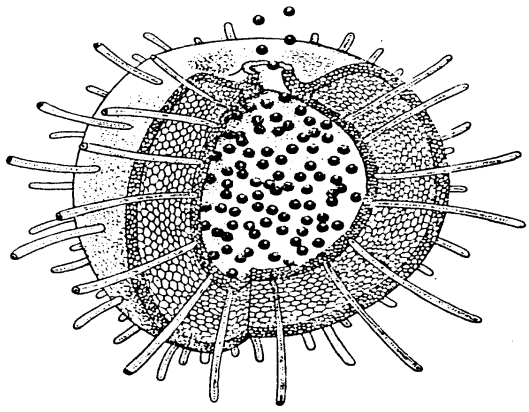
Hudson, H. J. (1986) . Fungal biology. Fungi as organisms, pp. 1 - 45. Edward Arnold, London.

Sneh, B. ; S. J. Humble and J. L. Lockwood (1977) . Parasitism of oospores of *Phytopthora megasperma* var. *sojae* , *P. cactorum* , *Pythium* spp. and *Aphanomyces euteiches* in soil by oomycetes, chytridiomycetes, Hyphomycetes, Actinomycetes and bacteria. Phytopathology, 67 : 622 - 628 .

Sussman, A. S. (1973) . Longevity and survivability of fungi. in The Fungi : An advanced treatise, vol III (eds G. C. Ainsworth and A. S. Sussman) . Academic Press. London, pp. 447 - 476 .

Webster, J. (1980) . Introduction to fungi. 2nd edition. 669 pp. Cambridge University Press. Cambridge .

الباب الثانى



الفطريات الحفرية

الباب الثانى
الفطريات الحفرية والحفريات الفطرية
Fossil Fungi & Fungal Fossils

مقدمة :

من الأسئلة التى لم تجد جواباً حتى الآن ، وربما لن تجد جواباً شافياً على وجه الإطلاق : متى نشأت الفطريات ؟ وكيف نشأت وتطورت إلى ما نراه الآن من أجناس وأنواع شتى لا حصر لها ؟ .

ولقد صادف علماء الطبيعة ، والمهتمين بدراسة رواسب العصور القديمة ، وما فيها من حفريات لأحياء بائدة بعض بقايا لفطريات حفرية Fossil fungi موجودة فى رواسب متناثرة ، يطلق عليها اسم الحفريات الفطرية Fungal fossils. وكانت هذه الحفريات قليلة ، بحيث كان من الصعب الوصول إلى أية استنتاجات محددة خاصة بنشأة الفطريات ، عند دراسة مثل هذه الحفريات .

وعلى أى حال ، يفترض بعض المشتغلين بعلم دراسة الفطريات الحفرية Palaeomycology ، أن نشأة الفطريات مائية ، من طحالب خضراء بدائية فقدت مادة الكلوروفيل تحت ظروف غير معلومة ، بينما يعتقد آخرون نشأة الفطريات من مجاميع طحلبية مائية متعددة ، بل إن هناك من يعتقدون فى المنشأ الحيوانى الأولى (البروتوزى) الوحيد أو المتعدد ؛ وأيضاً تتباين الاراء فى كيفية تطور هذه الفطريات البدائية .

ويعتبر علماء الأحياء أن الوسط المائى بوجه عام أكثر بدائية من الوسط الأرضى، وتمشياً مع هذا المبدأ ، فإن الفطريات بدأت مائية . ويمكن اعتبار الفطريات التى مازالت منتجة لتراكيب متحركة مثل الجراثيم الهدبية السابحة zoospores والجاميطات

السابحة planogametes ، وكذلك الفطريات التى تعتمد على الماء فى وظائفها ودورة حياتها أكثر بدائية من الأنواع التى لا تكوّن تراكيب متحركة ، ويقصد بها الفطريات الأرضية terrestrial fungi .

كما يمكن اعتبار الفطريات المتطفلة parasites أكثر رقيًا من المترممة saprophytes ، والمتطفلات إجباريا أكثر رقيا من الاختيارية ، والطفيليات الأكثر تخصصا أكثر رقيا من تلك الأقل تخصصا ... وهكذا . أى إن تطور الفطريات يسير فى اتجاه النمو الأرضى وتعقد التراكيب الفطرية وتخصص التغذية .

أولاً - الحفريات الفطرية :

تعتبر الحفريات الفطرية Fungal fossils والفطريات الحفرية Fossil fungi من أكثر الموضوعات المثيرة للجدل العلمى فى عالم الفطريات، حيث يرجع تاريخ بعض هذه الحفريات إلى فجر التاريخ ، مع بداية ظهور الحياة فى المحيط الأعظم ، ثم بداية تطورها مع ظهور النباتات الأولية على الأرض .

ولقد وضعت بعض النظريات التقليدية كدراسات لمقارنة الفطريات الحفرية البائدة التى يتصادف وجودها فى رواسب العصور القديمة بما يشابهها من فطريات معاصرة . يعتبر الباحث الإنجليزى هوتون J. Hutton من أوائل الجيولوجيين الذين وضعوا اساسيات علم الرواسب ، ووضعوا مبدأ (الحاضر مفتاح الماضى Present is the key to the past) وذلك فى منتصف القرن الثامن عشر .

ومنذ ذلك الحين ، أصبحت الحفريات – بصفة عامة – معروفة على أنها بقايا للكائنات الحية القديمة التى كانت تعيش فى العصور الجيولوجية المتعاقبة . وكان الاعتقاد السائد قبل ذلك أن هذه الحفريات عبارة عن نقوش طبيعية غير مفهومة ومجهولة الأصل .

كما جانب الصواب بعض المشتغلين بالحفريات القديمة ، مثال ذلك ما وصفه Eichwald عام ١٩٣٠ لحفريات كانت عبارة عن ثمار لفطريات عيش غراب رفيعة ثقبية بائدة تتبع الأنواع *Daedalea volhynica* و *Polyporus bowmanii* ، حيث اعتقد أنها قشور أسماك بائدة ، ثم صحح ذلك من جاء بعده من باحثين .

وعلى الرغم من النشاط العلمى لدراسة هذه الحفريات الفطرية فى الآونة الأخيرة . إلا أنه مازالت هناك صعوبات جمة لوضع تصور ما عن تطور هذه الفطريات على مر التاريخ ، وأيضا لتوضيح العلاقات المحتملة بين هذه الفطريات والمجاميع الرئيسيه للفطريات المعاصرة .

ولقد وجدت بعض الحفريات الفطرية فى عديد من رواسب العصور القديمة ، والتى كانت تحتوى على حفريات لكائنات حية أخرى كانت تشارك هذه الفطريات الحفرية بيئتها . إلا أن الفطريات الحفرية لم تنل حظا وافرا من دراسة واهتمام الباحثين فى مجال حفريات النباتات البائدة Palaeobotantists والباحثين فى مجال دراسة حبوب لقاح هذه النباتات Palynologists .

وترجع صعوبة دراسة هذه الفطريات الحفرية بواسطة علماء النباتات البائدة إلى الصعوبات العديدة التى صادفت هؤلاء الباحثين ، خاصة فى التعرف على طبيعة الوحدات الفطرية المتناثرة فى هذه الرواسب (Fungal propagules) ، وأيضا فى تعريف هذه الفطريات البائدة ومحاولة مقارنتها بنظائرها من الفطريات المعاصرة .

ومن ناحية أخرى ، لاحظ بعض الباحثين فى مجال التتابع الطبقى للحفريات ، أن الحفريات التي توجد فى الطبقات العليا الحديثة تكون غالبا أكثر تشابها بالكائنات الحية المعاصرة ، بينما يقل هذا التشابه كلما كانت الطبقات أكثر عمقا وعمرا . وبذلك اتضح أن الصخور الرسوبية تحمل بين طياتها سجلا محفوظا يحكى تطور الكائنات الحية ، والتى تبدأ بسيطة التركيب ، ثم تزداد تعقيدا مع مرور الزمن .

ولقد اهتم بعض الباحثين العاملين فى مجال الحفريات بتسجيل مشاهداتهم من الفطريات الحفرية ، وآثار الكائنات الحية الأخرى البائدة ذات الأهمية الكبيرة فى معرفة تطور الكائنات الحيوية ودراسة تاريخ الحياة على الأرض ، وهو ما يطلق عليه اسم (التسجيلات الجيولوجية للفطريات الحفرية The geological records of fossil fungi) .

وتستخدم مثل هذه التسجيلات الجيولوجية فى دراسة علم التتابع الحفرى للأحياء البائدة Biostratigraphy الذى يهتم بدراسة حفريات الأحياء البائدة وعلاقتها بالوحدات الصخرية فى التتابع الطبقى. ولقد أظهرت هذه الدراسات أن الحفريات فى تغير مستمر، حيث تظهر أنواع جديدة وتنقرض أو تختفى أنواع أخرى .

كما أوضحت دراسة التتابع الحفرى أن البقايا العضوية فى أى عصر من العصور الجيولوجية تكون متشابهة ، وتتباين فى الأزمنة المختلفة . وفى الحقيقة تعتبر الحفريات الأداة الدقيقة فى تعيين الأزمنة الجيولوجية المتتابعة منذ ظهور الحياة على الأرض حتى الآن .

ولقد اعتمد الباحثون على مثل هذه الحفريات الفطرية فى دراسة خصائص الفطريات البائدة المنتشرة بها ، وذلك لمحاولة تصور شكل البيئة التى كانت تنمو فيها هذه الفطريات خلال تلك العصور الزمنية السحيقة ، خاصة إذا أمكن التعرف على بعض النباتات البائدة فى هذه الفترات الزمنية وتوقع الظروف البيئية التى ساعدتها على النمو .

فعلى سبيل المثال ، إذا كانت هذه الحفريات الفطرية موجودة فى طبقة صخور رسوبية تحتوى على بقايا نباتية كثيفة ، فإن معنى ذلك أن المناخ كان حارا أو دافئا معتدلا ممطرا ، ولكنه لا يمكن أن يكون باردا أو جافا ، لأن مثل هذه النباتات الكثيفة والأشجار الضخمة لا توجد فى مناطق باردة . أما إذا كانت الحفريات الفطرية موجودة فى طبقة من الفحم النباتى ، فإن معنى ذلك وجود غابات كثيفة كانت تنمو فى مناخ دافئ رطب ... وهكذا .

ويجب أن يؤخذ فى الحسبان أن المناطق المناخية climatic zones التى نعرفها الآن (استوائية - صحراوية - معتدلة - باردة) ، كانت موجودة فى الأحقاب القديمة ، ولكن فى مناطق جغرافية تخالف الموجودة حاليا . كما أنه من الملاحظ أن التوزيع الجغرافى للبحار واليابسة كان مختلفا تماما عما هو الآن ، وهكذا الحال فى توزيع درجات الحرارة والضغط الجوى ، وما يعكسه ذلك على باقى الظروف البيئية بصفة عامة .

ولقد أدى التغير المستمر فى بيئة الأرض على مر الدهر حتى الآن إلى تغير صفات الكائنات الحية - ومنها الفطريات بطبيعة الحال - سواء فى الشكل والحجم أم فى الصفات الحيوية الأخرى ؛ مما أدى إلى تطورها تدريجيا إلى نوع ربما لا يتفق كثيرا مع النوع الأصلى ، وهذا يؤدى إلى وضع الأفراد المتطورة فى نوع آخر .

وقد يصل التغير فى الأفراد الجديدة إلى درجة أكبر من التطور ؛ بحيث يتفرع إلى

أفراد كثيرة متباينة بدرجات مختلفة ، قد يستمر منها أفراد فى استكمال الحياة والتطور ، وقد تنقرض أفراد أخرى من العشيرة نتيجة عدم مواءمتها للظروف البيئية .

وباستمرار درجة التطور فى أفراد العشيرة ، يصل التطور إلى درجة النوع species أو الجنس Genus أو العائلة Family أو الرتبة Order أو الطائفة Class وهكذا . ولقد لوحظ دائما أن بعض الحفريات لكائنات معينة تطورت وأزدهرت فى فترة ما ، ثم اندحرت وانقرضت بعد ذلك .

ويبدو لكثير من العلماء أن ظاهرة انتشار مجموعة من الكائنات الحية ثم ازدهارها ، ثم تدهورها وانقراضها أو تناقصها بعد ذلك ، مرتبطة بالحركات الأرضية العظيمة التى حدثت للأرض . فمن المحتمل أن تكون هذه الحركات القوية قد أدت إلى تغير الظروف البيئية والمناخية مما كان له الأثر الكبير فى حياة بعض الكائنات الحية ، وهذا ما سوف نناقشه فى تطور الفطريات .

وحيث إن دراسة الحفريات الفطرية من الأهمية بمكان ، حتى يمكننا تصور نشأة الفطريات وكيفية تطورها على مر التاريخ Fungal phylogeny & evolution ، فإن مثل هذه الدراسات تحتاج إلى تضافر جهود العلماء والباحثين فى شتى المجالات للحصول على نتائج متكاملة يمكن الاستفادة منها ، وذلك بمقارنتها مع نظيراتها من الفطريات المعاصرة .

وعلى ذلك فإن هذه الفطريات البائدة الموجودة فى الرواسب الحفرية يمكن دراستها لبيان مدى استجابتها للظروف البيئية التى كانت سائدة فى ذلك الوقت ، مع مقارنتها بالحفريات المرشدة index fossils لغيرها من الكائنات الحية الأخرى .

ولقد كانت أولى الدراسات الخاصة بالحفريات الفطرية ما وصفه Goppert عام ١٨٣٦ عن ملاحظته وجود بقع داكنة اللون متوسطة الحجم على ورقة نبات سرخسى حفرى من العصر الكربونى ، عرف بعد ذلك أنه للفطر الحفرى *Excipulites neesii*.

وفى عام ١٨٧٧ نشر De Bary بحثا فى جامعة أكسفورد بعنوان (مقارنة الشكل الخارجى وطبيعة حياة الفطريات) ، ثم نشر Atkinson مقالا عام ١٩١٥ تناول فيه نشأة الفطريات الأسكية والعلاقة بين أفرادها . وحتى نهاية القرن التاسع عشر لم يتعد

فحص مثل هذه الفطريات الحفرية النظرة العابرة بالعين المجردة ، أو باستعمال عدسة مكبرة ، ولم تلق الاهتمام اللائق بها .

وبعد ذلك توالت الدراسات على هذا الموضوع الشائق ، ثم زادت المعلومات تدريجيا، خاصة فى السنوات الأخيرة ؛ نتيجة ما تم العثور عليه من فطريات بائدة فى رواسب العصور الجيولوجية القديمة ، ومصاحبا للتطور العلمى فى أساليب العزل والفحص الميكروسكوبى .

كما أدت الثورة الصناعية فى أوروبا إلى زيادة الاهتمام بالبحث والتنقيب عن مصادر الطاقة – مثل الفحم – مما تسبب فى اكتشاف المزيد من هذه الحفريات ، وزادت المعلومات الخاصة بالأحياء البائدة التى كانت تعيش فى مثل هذه البيئات القديمة Paleohabitates .

ويكفى ما يتوفر حاليا من معلومات لتوضيح العلاقات المحتملة بين هذه الفطريات البائدة والمجاميع الرئيسية للفطريات المعاصرة ، وذلك لدراسة كيفية تطور الفطريات . ولقد ذكر الباحث بيروزنسكى K. A. Pirozynski فى بحثه المنشور عام ١٩٧٦ بعنوان (الجراثيم الفطرية فى السجلات الحفرية) أن الدلائل التى تم جمعها تدل على التطور المستمر للفطريات عبر التاريخ .

وتقدر عدد الحفريات الفطرية التى تم الحصول عليها حتى الآن بحوالى ٥٠٠ حفرية ، موزعة على حوالى ٢٥٠ جنسا حفريا (Stewart, 1983) . ومعظم هذه الأجناس وجدت فى الرواسب التابعة للعصر الطباشيرى ، أى منذ حوالى ١٣٥ مليون سنة مضت ، والعصر الثالث Tertiary التابع لحقب الحياة الحديثة. وتتشابه عديد من هذه الفطريات الحفرية مع الفطريات المعاصرة من ناحية شكلها الخارجى ودورة حياتها.

وحيث إن دراسة الحفريات الفطرية تشمل التعرض لتطور الحياة العضوية للكائنات الحية على مر العصور ، فإنه تجب الإشارة إلى العصور الجيولوجية التى عاصرت نشأة الفطريات وتطورها ، والتى يوضحها شكل (٢ – ١) .

ويعتقد أن نشأة الأرض كانت منذ حوالى ٤٦٠٠ مليون سنة مضت ، ثم بدأت الحياة عليها فى مياه المحيط الأعظم بطريقة غير معلومة لنا حتى الآن ، حيث يطلق على هذه

الفتـــرة دهـــر الحـــياة الخفيـــة (hidden life) Cryptozoic أو ما قبـــل الكمـــبرى Pre-Cambrian ، ويعتقـــد أن هـــذا الـــدهـــر استمـــر حـــوالى أربعة الاف مليـــون سنة .

ويقســـــم هـــذا الـــــدهر إلى حقبتين ، الأولـــى حقبة الأركيوزوى Archeozoic (Archaean) ، ويطلـــق عليها أيضا حقبة ما قبل الكمبرى السفلى ، حيث اســـتمرت من ٤٦٠٠ إلى ٢٦٠٠ مليون سنة . والحقبـــــة الثانيـــة هـــى حقبـــة البروتـــيروزوى Proterozoic (Algokian) ويطـــلق عليـــها حقبـــة ما قبـــل الكمـــبرى العلـــوى ، حيث استمـــرت من ٢٦٠٠ إلى ٦٠٠ مليون سنة ، وفيها ظهـــــرت بـــاكورة الحيـــاة الأولية .

وبعد ذلك ظهرت الحياة الظاهرة (غير الخفيـــة) لنـــا فـــى دهـــر الفـــانيروزوى Phanerozoic الذى امتد حوالى ٦٠٠ مليون سنة . ويقسم هذا الدهر إلى ثلاثة أحقاب جيولوجية ، هى حقبة الحياة القديمة (Ancient life) Palaeozoic التـــى اســـتمرت حوالى ٣٧٠ مليون سنة ، وحقبة الحياة المتوسطة (Middle life) Mesozoic الـــذى استمرت حوالى ١٦٧ مليون سنة ، وحقبة الحياة الحديثة (Modern life) Cenozoic الذى استمرت حوالى ٦٢ مليون سنة .

تقسيم الأحقاب الجيولوجية :

١ – حقبة ما قبل الكمبرى Pre-Cambrian Era

٢ – حقبة الحياة القديمة الأولى Older Palaeozoic :

- العصر الكامبرى Cambrian : استمر حوالى ١٠٠ مليون سنة.
- العصر الأوردفيشى Ordovician : استمر حوالى ٦٥ مليون سنة .
- العصر السيلورى Silurian : استمر حوالى ٤٠ مليون سنة .

٣ – حقبة الحياة القديمة الثانية Newer Palaeozoic :

- العصر الديفونى Devonian : استمر حوالى ٥٠ مليون سنة .
- العصر الكربونى Carboniferous : استمر حوالى ٦٥ مليون سنة .

● العصر البرمى Permian : استمر حوالى ٥٠ مليون سنة .

٤ – حقبة الحياة الوسطى Mesozoic Era :

أ – **العصر التيرياسى** Triassic : استمر حوالى ٤٩ مليون سنة .

ب – **العصر الجوارسى** Jurassic :. استمر حوالى ٤٦ مليون سنة .

جـ – **العصر الطباشيرى** Cretaceous : استمر حوالى ٧٢ مليون سنة .

٥ – حقبة الحياة الحديثة Cenozoic Era :

أ – **العصر الثلاثى (النظام الثالث)** Tertiary System :

● زمن الباليوسين Paleocene : استمر حوالى ٥ مليون سنة .

● زمن الأيوسين Eocene : استمر حوالى ٢٢ مليون سنة .
(فجر الحياة الحديثة)

● زمن الأوليجوسين Olegocene : استمر حوالى ١١ مليون سنة .

● زمن الميوسين Miocene : استمر حوالى ١٢ مليون سنة .

● زمن البليوسين Pliocene : استمر حوالى ١٢ مليون سنة .

ب – **العصر الرباعى (النظام الرابع)** Quaternary System :

● زمن البليستوسين Pleistocene : استمر حوالى ١–٢ مليون سنة

● زمن الهولوسين (العصر الحديث) Holocene : بدأ منذ ١٥ألف سنة ، حيث ساد الجنس البشرى على سائر الأحياء بعد ظهوره على سطح الأرض منذ حوالى ٢٠–٣٠ ألف سنة مضت .

ويشير سجل الحفريات الفطرية إلى أن حقبة ما قبل الكمبرى Pre-cambrian ، والتى استمرت حوالى أربعة آلاف مليون سنة ، شاهدت بداية ظهور الحياة على الأرض على صورة كائنات حية بسيطة وحيدة الخلية ، تسبح فى مياه المحيط الأعظم .

ثانيا ـ الفطريات الحفرية البدائية :

كانت الفطريات البدائية ، بخيوطها شبه الهيفية غير المقسمة ، تتعايش مع الطحالب الخضراء المزرقة ، والتى وجدت فى حفريات رسوبية بجنوب أفريقيا ، يرجع عمرها إلى ٢,٣ – ٢,٧ ألف مليون سنة مضت .

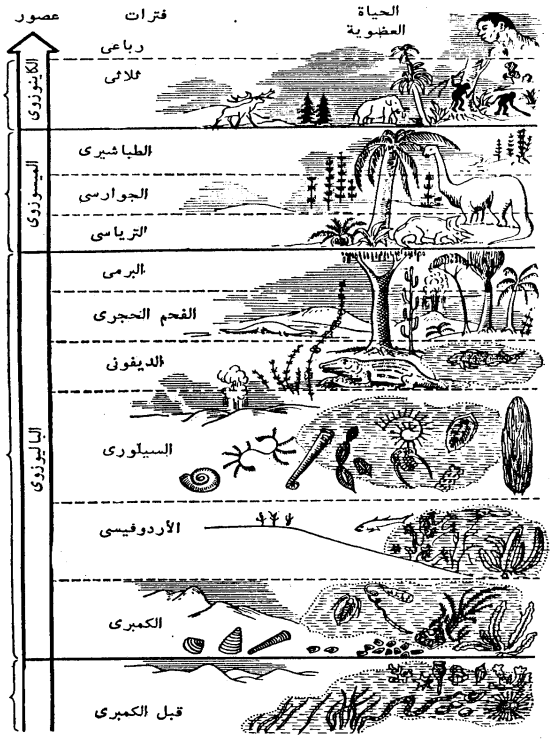
وعلى ذلك ، فإن حقب ما قبل الكمبرى كان بداية لظهور فطريات العفن المائية التى تتبع الفطريات البيضية الأولية dawn of Oomycota . وفى حقب ما قبل الكمبرى المتأخر Late Precambrian ، ظهرت الفطريات المكونة لما يشابه الأكياس الأسكية ، من تحور فى عضو التأنيث البيضى oogonium ، والتى تشابه الأفراد المعاصرة من عائلة فطريات العفن المائية Saprolegniaceae .

وفى حقبة الكمبرى المبكر (السفلى) Early Cambrian ، ظهرت فطريات العفن المائية الكيتريدية فى البيئة البحرية القديمة ، وربما تكون التقوب المستديرة فى قشور وأصداف الحيوانات البحرية من مفصليات الأرجل فى حفريات ذلك الحقب ناتجة عن فعل فطريات العفن المائية البائدة ، والتى تشابه الفطر المعاصر *Leptolegnia marine* .

ولقد وجدت حفريات لفطريات بدائية ، تجمع بين صفات الفطريات البيضية والطحالب ، مثال ذلك الجنس البائد *Ordovicimyces* . ولقد ازدهر هذا الفطر البائد فى العصر التالى (الأوردفيشى Ordovician) منذ حوالى ٤٣٥ مليون سنة مضت، حيث اشتق اسم هذا الجنس الفطرى من العصر الأوردفيشى الذى ازدهر خلاله .

وفى العصرين التاليين (السيلورى Silurian و الديفونى Devonian) ، شوهدت حفريات للفطر *Palaeachlya silurica* متطفلة على الحيوانات المرجانية . وربما تكون طبيعة علاقة هذا الفطر بحيوانات المرجان ليست بالضرورة تطفلا ، فقد تكون معايشة أو تبادلا للمنفعة ، إلا أن تحديد ذلك يحتاج إلى مزيد من الدراسة .

ولقد وجدت وحدات فطرية لبعض الفطريات البائدة داخل تراكيب نباتية حفرية ، مثال ذلك الدراسة التى قام بها الباحث المصرى أ. د. وجيه السعداوى أستاذ الحفريات النباتية بكلية العلوم جامعة عين شمس على أنسجة نبات *Nothia aphylla* وهو أحد النباتات التريدية المتحجرة التى ترجع إلى العصر الديفونى المبكر Early Devonian .



شكل (٢ – ١) : تطور الحياة العضوية فى مختلف العصور الجيولوجية .

وأظهرت الدراسة السابقة أن أنسجة النبات الحفرى تحتوى على جراثيم كروية الشكل وحيدة الخلية ذات جدار سميك أملس (شكل ٢ - ٢) قد تكون لفطر بائد يتبع لكيتريديات ، ذو علاقة بأنسجة النبات يرجح إنها تطفلية . ولقد جمعت هذه العينات الحفرية من قرية Rhynie باسكتلندا (El-Saadawy, 1966) .

ومن ناحية أخرى ، ناقش كثير من الباحثين تطور الحياة البدائية لهذه الفطريات الأولية ، حيث أرجعوا ذلك إلى المواءمة الطبيعية لها مع ما يحيط بها من ظروف خارجية ، وأيضا إلى التعاون مع غيرها من الكائنات الحية الأخرى التى تشاركها بيئتها.

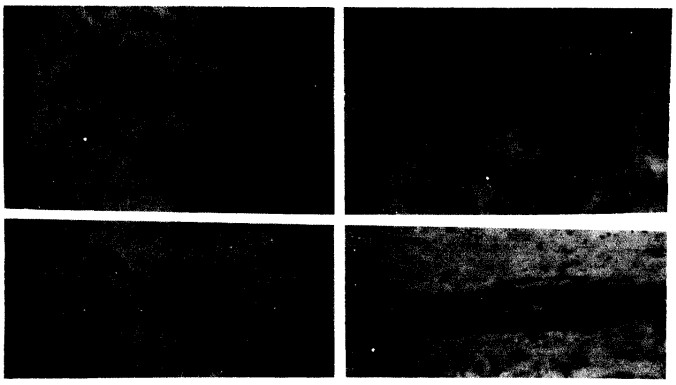
كما لوحظ فى كثير من الحفريات وجود فطريات بيضية بدائية ، وأخرى كيتريدية موجودة مع بقايا حيوانات مرجانية أولية وذلك فى حفريات ترجع للحقب الكمبرى ، واستمر وجود مثل هذه الحفريات حتى حقبة الحياة الحديثة Cenozoeic .

وعلى الرغم من تطور الفطريات على مر التاريخ ، إلا أنه مازالت هناك أفراد مائية لم تلحق عجلة التطور ، وظلت حتى يومنا هذا نموذجا لحفريات حية ، تحكى بداية نشأة الفطريات .

وحيث إن نشأة الفطريات كانت مائية فى المحيط الأعظم ، فإن العشائر الفطرية التى دفعتها الأمواج تجاه الشواطئ ، عايشت ظروفا بيئية متغيرة ، وكان حتما عليها أن تغير من نفسها وتتطور ، لكى تلائم الظروف الجديدة ، وربما كان ذلك بداية تكوين كائنات أرضية عديدة الخلايا ، مثل النباتات الأولية .

ويفسر العلماء ظهور هذه النباتات الأرضية البدائية - فى أوائل حقبة الحياة القديمة الثانية Older Palaeozoic - بأنه كان منطقيا ، وذلك لكى يمهد لظهور الحيوانات بعد ذلك .

ولقد بلغت هذه النباتات أوج ازدهارها بعد ذلك فى العصر الكربونى ، الذى استمر حوالى ٦٥ مليون سنة ، حيث ساعدت الظروف البيئية على سيادة النباتات اللازهرية مثل النباتات المعراة البذور . وفى العصر البرمى Permian - منذ حوالى ٢٣٠ مليون سنة مضت - ظهرت الأشجار المخروطية التى كونت غابات كثيفة غطت جزءا كبيرا من اليابسة .



شكل (٢ - ٢) : قطاعات فى أنسجة نبات *Nothia aphylla* الحفرى توضح وجود الجراثيم الكروية الوحيدة الخلية لفطر كيتريدى باند داخل أنسجة النبات العائل وخارجها (عن El-Saadawy, 1966) .

وشهد بداية حقبة الحياة القديمة الثانية ، فى العصر الديفونى المبكر Early Devonian – منذ حوالى ٣٨٠ مليون سنة مضت – ظهور الفطريات البيضية الأرضية ذات علاقة تبادل المنفعة terrestrial symbiotic oomycetes ؛ حيث تزامن ذلك مع ظهور النباتات الوعائية البدائية .

ومن أمثلة هذه الفطريات الفطر الحفرى *Palaeomyces gordonii* ، والفطر الحفرى *P. asteroxylii* ، حيث لاحظ بعض الباحثين وجود تشابه بين الفطرين السابقين مع بعض الفطريات المعاصرة ، التى تنمو فى جذور بعض النباتات الوعائية . واعتقد هؤلاء الباحثين أن هناك علاقة تبادل منفعة بين كل من الفطر الحفرى والنباتات الوعائية البدائية ، إلا أن هذا الفرض كان ينقصه الإثبات العلمى .

وفى دراسة للباحثين Wagner & Taylor (1981) ، قدما خلالها دليلا على وجود فطريات الميكورهيزا الداخلية endomycorrhizae فى حفريات نباتية ترجع إلى

الزمن البنسلفانى Pennsylvanian age الذى يتبع العصر الكربونى فى حقبة الحياة القديمة .

وشملت هذه الدراسة وصفا لجراثيم فطريات الميكورهيزا التى تم العثور عليها ، مثل حجم وشكل هذه الجراثيم ، وتركيب الجدار الخلوى والحوامل الجرثومية . ولقد وجدت حفريات هذه الفطريات على صورة جراثيم كلاميدية مفردة ، أو فى مجموعات مفككة على أنسجة نباتية متحللة لنباتات حفرية ، خاصة منطقة القشرة للجذور تحت الأرضية .

وعند الفحص الميكروسكوبى لهذه الجراثيم ، وجد أنها كروية الشكل ، ملساء، يتراوح قطرها بين ١٠٠ و ٤٠٠ ميكرون ، بينما يبلغ سمك الجدار ١٠ ميكرونات ، وهو يتكون من عدة طبقات جدارية تتراوح بين طبقتين وثلاث طبقات .

ويتراوح قطر هيفات هذا الفطر الحفرى بين ١٠ ميكرونات و ٢٠ ميكرونا ، تزداد إلى ٣٠ ميكرونا بالقرب من مكان وجود الجراثيم ، حيث تأخذ الهيفا شكل ساق قمعية funnel-shaped stalk تحمل الجرثومة الكلاميدية .

وبناء على أشكال وتراكيب جراثيم وهيفات ذلك الفطر الحفرى ، يعتقد الباحثان أن هذه الحفرية لأحد فطريات الميكورهيزا الداخلية البائدة ، وهى تشبه فى صفاتها صفات الجنس المعاصر *Glomus* . ولقد أظهرت الدراسات الحديثة على الجراثيم الكلاميدية للجنس *Glomus* اختلاف حجمها وشكلها وتركيب الهيفات المتكونة باختلاف نوع الفطر ، وهذا ما شوهد أيضا فى عينات الحفريات الفطرية التى تم جمعها للفطر الحفرى فى هذه الدراسة من مناطق مختلفة من العالم .

وترجع أهمية مثل هذه الفطريات إلى دورها فى تكوين علاقة ميكورهيزا حوصلية ذات تفرعات شجيرية vesicular arbuscular endomycorrhizae مع جذور عديد من النباتات الوعائية ، وبذلك توضح هذه الدراسة ظهور مثل هذه الفطريات على جذور نباتات العصر البنسلفانى .

ويدل ذلك على القيمة الحيوية البالغة الأهمية لهذه الفطريات فى تشجيع نمو الغابات الكثيفة خلال العصر الكربونى ، والتى تعتبر المصدر الرئيسى للفحم فى كثير من دول العالم ، وأيضا القيمة الحيوية لفطريات الميكورهيزا

التى تطورت بعد ذلك لتمثل نظامـا مشاركا لحياة جميع جذور نباتات الأرض الوعائية تقريبا .

ولقد ذهب الباحثان (Pirozynski & Malloch (1975 فـى بحثـهما المنشـور بعنـوان (نشأة النباتات الأرضية) إلى أن علاقة تبادل المنفعة بين تلـك الفطريـات الأولية والنباتات الوعائية البدائية قد وصلت إلى مرحلة متقدمة ، أدت إلـى تطورهمـا معا لتكوين النباتات الأرضية المعاصرة ، وذلك منذ حوالى ٢٢٥ مليون سنة مضـت ، ثم استمر التطور بعد ذلك على مدى ملايين السنين .

ولا يعتبر ما ذكره الباحثان السابقان نوعا من الخيال العلمى ، فلقد أثبتت الأبحـاث الحديثة أن الحمض النووى DNA الموجود فى الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضـراء فى خلايا النباتات الراقية – وهى جسيمات (عضيات) تقوم بدور حيـوى هـام فـى التمثيل الضوئى وتفاعلات نقل الطاقة – يشبه فى تركيبه الحمض النووى الموجود فى الكائنات الحية غير الراقية .

وتتميز الكائنات غير الراقية بأن نواتها أولية ، تتكون من الحمض النـووى DNA فى شكل لولب مزدوج تلتحم نهايتاه معا ، ولا يتعقد بوجـود الـبروتين الهسـتونى . ويؤيد ذلك أن جسيمات الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضـراء ذات أصـل بدائـى ، وربما كانت خلايا لأوليات متطفلة داخل خلايا كائنات راقية ذات نـواة حقيقيـة ، ثـم استقرت بها بعد ذلك .

وكثيرا ما تشاهد كرات من الفحم ترجع إلى العصر الكربونى بـها أجـزاء نباتيـة محفوظة بطريقة سيئة ، ويظهر بها اثار العفـن . ويمكن ملاحظة وجود تجمعات مـن جسيمات جيدة التكوين تمثل جراثيم فطرية داخل الخلايا المتحللة ، أو فى المناطق التى تكون فيها الأنسجة النباتية ممزقة .

وحيث إن مثل هذه التراكيب الفطرية لا يصاحبها وجود هيفات فطريـة أو أكيـاس جرثومية ، لذلك يعتقد بعض الباحثين أن هذه التراكيب لفطريات كيتريدية بائدة . ولقـد وجدت خلايا متجمعة لفطريات شبيهة بالكيتريديات convincing chytrid like cells فى أنسجة بعض البـذور وفى الجـراثيم الكبيـرة megaspores وفى حبـوب اللقاح (Millay & Taylor, 1978) .

كما شوهدت أكياس لجراثيم سابحة swamsporangia لفطريات كيتريدية يحتوى كل

منها على كتل عديدة من البروتوبلاست المكون للجراثيم السابحة ، وكذلك شوهد ثقب تحرر exit pore فى جدار الكيس الجرثومى ، تنطلق منه هذه الجراثيم السابحة للخارج .

ولقد وجد أيضا " ميسليوم " يتكون من هيفات غير مقسمة لفطريات بيضية حفرية فى رواسب الصخور الصوانية التابعة للعصر الديفونى المبكر Lower Devonian Rhynie chert (Kidston & Lange, 1921) . ويوضح شكل (٢ - ٣) التراكيب التكاثرية والجراثيم الساكنة (الكلاميدية) التى تميز هذه الفطريات البيضية ، حيث نسب الباحثان السابقان هذه التراكيب الفطرية إلى جنس حفرى غامض هو *Palaeomyces* .

ومن ناحية أخرى ، وجدت عديد من الحفريات لهيفات فطرية متفرعة وغير مقسمة لفطريات بيضية فى كرات فحم ترجع للزمن البنسلفانى التابع للعصر الكربونى المتقدم، ولقد اكتشف فى هذه العينات جاميطات مؤنثة oogonia وأخرى مذكرة antheridia فى خلايا بذور بعض النباتات الحفرية البائدة (شكل ٢ - ٣) ، وتتشابه هذه التراكيب الفطرية مع الفطر المتطفل المعاصر *Albugo* التابع للفطريات البيضية .

ويلاحظ أن الفطريات البيضية البدائية والفطريات الكيتريدية قد تطورت خلال حقب الحياة القديمة الثانى Newer Palaeozoic ، حيث تحولت هذه الفطريات من النمو فى المياه المالحة فى البيئة البحرية إلى النمو فى المياه الأقل ملوحة عند شواطئ البحار ومصبات الأنهار ، ثم تأقلمت بعد ذلك على النمو فى بيئة المياه العذبة . وكان هذا التحول هاما وحاسما ، حتى تستطيع هذه الفطريات - بعد ذلك - النمو على اليابسة ، فى قفزة حضارية غيرت وجه الأرض .

وفى دراسة للباحثين (Taylor et al., 1992) خاصة بالفطريات الكيتريدية من العصر الديفونى المبكر Lower Devonian ، وجدت فطريات حفرية كيتريدية مطمورة فى أنسجة نباتية ، حيث يعتقد أنها متطفلات داخلية endobiotic .

ويتضح من دراسة هذه الفطريات أنها كلية الإثمار holocarpic داخل خلايا عوائلها النباتية ، كما شوهد بها تراكيب تناسلية أحادية المركز monocentric ، وجراثيم سابحة داخل أكياس جرثومية مختلفة الشكل ، يصل قطرها لأكثر من ٣٠ ميكرونا .

وكانت معظم الأكياس الجرثومية التى تم فحصها غير غطائية inoperculate ، وهذا يدل على أن تحرر الجراثيم الهدبية يتم خلال تحلل جدار الكيس الجرثومى أو من خلال أنبوبة تحررية ، بينما كانت الأكياس الجرثومية الغطائية operculate قليلة فى عينة الفطر الحفرى .

وعلى ذلك يمكن مقارنة صفات الفطريات الكيتريدية الحفرية السابقة ببعض الكيتريديات المعاصرة ، مثال ذلك الفطريات التابعة للعائلتين Olpidiaceae و Spizellomycetaceae . ويبدو من هذه الدراسة أن بعض الفطريات الكيتريدية البائدة كانت ذات علاقة حيوية وطيدة ببعض الأحياء المائية فى المياه العذبة داخل المنظومة البيئية للعصر الديفونى المبكر lower devonian ecosystem .

وعلى أية حال ، فإنه من الصعب التكهن بمستوى تداخل مثل هذه الفطريات الكيتريدية مع عوائلها فى ذلك العصر السحيق . وعلى الرغم من وجود حفريات هذه الفطريات فى أنسجة القشرة لعديد من النباتات الحفرية التى تم العثور عليها ، فليس من المعروف – على وجه الدقة – ما إن كانت هذه الفطريات متطفلة على الأنسجة الحية لهذه النباتات أم مترممة على بقاياها العضوية المتحللة .

إلا أن العينات الحفرية التى تم الحصول عليها من العصر الديفونى المبكر تؤكد لنا مدى قدم هذه المجموعة من الفطريات ، والذى أمكن تأكيده مؤخرا عن طريق تتابع الحمض النووى الريبوسومى 18s r RNA ، ويقدر عمر هذه الفطريات المائية بحوالى ٤٠٠ مليون سنة (Bowman et al., 1992) .

وفى العصر الكربونى Carboniferous ، فى منتصف حقبة الحياة القديمة الثانية ، بدأت ظهور فطريات الميكروهيزا الداخلية والفطريات البيضية والكيتريدية المتطفلة ، وأيضا أسلاف الفطريات الزيجية والبازيدية منذ حوالى ٣٤٥ مليون سنة مضت .

ولقد أدى اكتشاف حفرية لهيفات الفطر البائد *Mycorrhizonium* داخل ريزوم أحد النباتات الحفرية القديمة إلى اهتمام الباحثين بدراسة نشأة فطريات الميكروهيزا الداخلية ؛ وذلك فى عديد من النباتات التريدية كالسراخس .

وتشير الأبحاث المتعددة فى دراسة العلاقة بين الفطريات والنباتات خلال العصر الكربونى ، إلى أن العلاقة بينهما كانت وطيدة . ولقد شوهدت هيفات فطرية داخل

جذور بعض النباتات السرخسية ، حيث يعتقد أن ذلك قد يرجع إلى أنها لفطر متطفل، أو لفطر متعايش مع جذور هذه النباتات ، ولربما تكون العلاقة بينهما تبادلا للمنفعة .

وعلى أية حال ، فإنه يفترض أن العلاقة بين الفطريات والنباتات فى ذلك العصر كانت حتمية ، وذلك يرجع إلى احتياج هذه النباتات إلى الفطر أثناء نموها على اليابسة ؛ وهذا له معنى واحد وهو تبادل المنفعة .

ولقد تم التعرف على بعض الفطريات الحفرية التى وجدت نامية على أوراق نباتات العصر الكربونى ، حيث سميت بما يشابهها من فطريات معاصرة ، وذلك بعد تعديل اسم الجنس المشابه المعاصر بحذف الحرف الأخير ثم إضافة مقطع ites – فى نهاية الاسم ، مثال ذلك الفطر الحفرى *Peronosporites antiquarius* المشابه للجنس المعاصر *Peronospora* المسبب لمرض البياض الزغبى على الأوراق .

وفى العصر الميوسينى Miocene ، التابع لحقبة الحياة الحديثة Cenozoic ، ظهرت حفريات لفطر بائد يتبع الجنس الحفرى *Pythites* ، الذى يشابه الجنس المعاصر *Pythium* . وأيضاً شوهدت حفريات لفطريات كيتريدية فى بذور وأخشاب نباتات تابعة للعصر الكربونى ، مثل الجنسين الحفريين *Grilletia* و *Oochytrium* .

ولقد توالى اكتشاف فطريات حفرية تابعة لحقبة الحياة القديمة الثانية Newer Palaeozoic ، حيث شوهدت حفريات لفطريات زيجية فى عينات فحم من العصر الكربونى، مثال ذلك الجنس الفطرى البائد *Zygosporites* ؛ الذى يشابه طحالب الماء العذب ، والجنس الفطرى البائد *Sporocarpon* ، الذى وجدت نمواته على بعض أوراق السراخس الحفرية فى شمال أفريقيا .

ثالثاً ـ الفطريات الحفرية الأسكية :

أثبت (1969) Schopf & Barghoorn وجود هيفات غير مقسمة ، وتراكيب تشبه الأكياس تحتوى بداخلها على جراثيم فى عينات حفرية من جنوب استراليا ، ترجع إلى عصر ما قبل الكمبرى المتأخر Late Pre-Cambrian ، أى منذ حوالى ٦٠٠ مليون سنة .

ولقد أثار هذا الكشف كثيرا من الجدل ، حتى تم فحص أنسجة لنباتات أرضية

ومائية كانت مطمورة فى رواسب صخرية ترجع إلى العصر الديفونى والكربونى ، تحتوى على فطريات حقيقية ، كان بعضها مترمما ومحللا لبعض الأجزاء النباتية المتحللة مكونا للدبال ، بينما كان البعض الاخر من هذه الفطريات متطفلا على الأنسجة الحية للنباتات .

ويبدو أن العلاقة بين الفطريات المتطفلة وعوائلها النباتية قد وصلت إلى حد الاستقرار ، فى الوقت الذى كانت فيه هذه النباتات الأرضية قد سادت اليابسة . وهناك أدلة قوية على انتشار الفطريات الأسكية فى بداية العصر الكربونى .

ولقد وجدت هيفات لفطريات أسكية وتراكيب ثمرية فى رواسب ترجع إلى الزمن البنسلفانى التابع للعصر الكربونى المتأخر ، نسبت إلى الجنس الحفرى *Protoascon* . وفى عينات أخرى لفطريات أسكية حفرية ، شوهدت هيفات متفرعة ومقسمة بجدر عرضية ، بالإضافة إلى تراكيب ثمرية ، عبارة عن أجسام ثمرية أسكية مقفولة Cleistothecia (شكل ٢ – ٤) نسبت إلى بعض الأجناس الأسكية البائدة ؛ مثل *Sporocarpon* و *Dubiocarpon* و *Mycocarpon* .

وكذلك الحال فى الفطريات الأسكية التى تقطن سطوح الأوراق ، ويطلق عليها اسم فطريات الفيللوسفير Phyllosphere ، حيث يعتقد أن نشأتها ترجع إلى العصر الترياسى المتأخر Late Triassic ، فى بداية حقب الحياة الوسطى منذ حوالى ٢٠٠ مليون سنة مضت .

ويعتقد أن فطريات سطوح الأوراق هذه قد زاد تكاثرها وانتشارها على سطوح أوراق النباتات المغطاة البذور خلال العصر الطباشيرى Cretaceous فى نهاية حقبة الحياة الوسطى . ومن هذه الفطريات الحفرية البائدة الجنس *Pleosporites* ، وهو مشابه للجنس الأسكى المعاصر *Pleospora* ، والجنس الحفرى *Ctenosporites* ، والفطر الحفرى *Pluricellaesporites glomeratus* .

ويفسر بعض الباحثين الدور الثانوى لفطريات العفن الطرى على النباتات المكونة للفحم فى حقب الحياة القديمة Palaeozoic إلى غياب الفطريات الأسكية فى ذلك الوقت ، والتى بدأ ظهورها بعد ذلك فى العصر التيرياسى Triassic فى مستهل حقبة الحياة الوسطى Mesozoic .

ولقد أمكن العثور على فطريات أسكية حفرية ، كانت نامية على سطوح الأوراق فى

العصر الأيوسينى Eocene ، وهو عصر فجر الحياة الحديثة منذ حوالى ٤٠ مليون سنة مضت . ومن هذه الفطريات الحفرية بعض الأجناس البائدة ؛ مثل *Meliola* ، و *Asterolibertia* ، و *Asterina* ، و *Euthalopycnidium* ، و *Patouillardiella*.

ومن الفطريات الأسكية الحفرية الأخرى التى وجدت نامية على سطوح أوراق النباتات البائدة ، بعض فطريات البياض الدقيقى ؛ مثل الجنس البائد *Uncimulites* المشابه للجنس المعاصر *Uncinula* ، والجنس البائد *Erysiphites* المشابه للجنس المعاصر *Erysiphe* . ولقد واجهت كثيرا من الباحثين صعوبات جمة فى تعريف بعض الفطريات الأسكية البائدة التى كانت تنمو على سطوح أوراق بعض النباتات الحفرية ، حيث نسب بعضها -خطأ - إلى فطريات البياض الدقيقى .

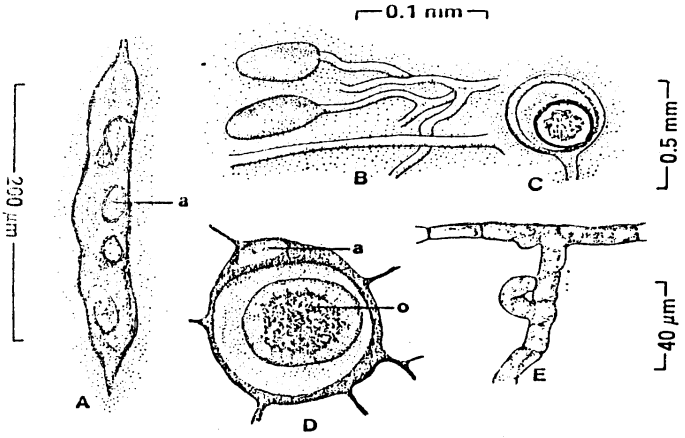
وفى بعض الحفريات الفطرية شوهدت هيفات تحيط بأجسام ثمرية أسكية مقفولة للجنس الحفرى البائد *Mycocarpon* ، تشابه إلى حد بعيد تلك الموجودة حول الأجسام الثمرية لفطريات البياض الدقيقى المعاصرة التابعة لرتبة Erysiphales .

كما شوهدت مثل هذه الأجسام الثمرية الأسكية فى عينات حفرية أخرى ، واعتقد - حينذاك - أنها أجسام حجرية ، ونسبت خطأ إلى الجنس الحفرى *Palaeosclerotium*. وبعد إعادة فحص هذه التراكيب الفطرية مرة أخرى مؤخرا ، اتضح أنها لأجسام ثمرية أسكية مقفولة ، يحتوى كل منها على ٣٠ كيسًا أسكيًا ، ونسبت إلى الجنس الأسكى الحفرى *Traquaira* . وتتكون جدر هذه الأجسام الثمرية الكروية الدقيقة من طبقات جيدة التكوين ، كما شوهد ٤-٨ جراثيم أسكية داخل كل كيس أسكى .

ومن الجدير بالملاحظة عند فحص التركيب الفطرى السابق ، وجود هيفات مفككة ومتموجة حول الجسم الثمرى الأسكى المقفول ascomycete cleistothecium ، تحمل روابط كلابية واضحة (شكل ٢ - ٣) ، بينما تتكون الطبقة الداخلية من ميسليوم بارانشيمى كاذب pseudoparenchymatous mycelium ، يتكون من هيفات ذات حواجز برميلية الشكل مفتوحة الطرفين .

وحيث إن كلا من الروابط الكلابية clamp connections والحواجز البرميلية dolipores من مميزات الهيفات الثنائية الأنوية dikaryotic hyphae فى الفطريات البازيدية ، فإن الجنس الحفرى *Palaeosclerotium* يحمل صفات مشتركة لكل من الفطريات الأسكية والبازيدية .

وعلى أية حال ، يتفق علماء الفطريات الحفرية – بصفة عامة – على أن كلا من الفطريات الأسكية والبازيدية بينهما علاقة وطيدة ، ويعتقد أن الفطريات البازيدية قد تطورت من الفطريات الأسكية .



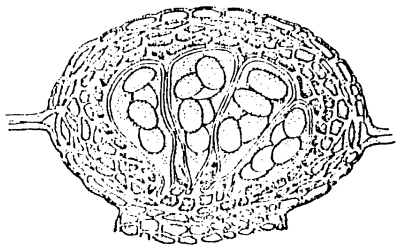
شكل (٢ – ٣) : A = تركيب يشبه الكيس الأسكى يحتوى على جراثيم أسكية من عصر ما قبل الكمبرى .

B = هيفا متفرعة غير مقسمة ذات نهاية منتفخة للجنس الحفرى *Palaeomyces* .

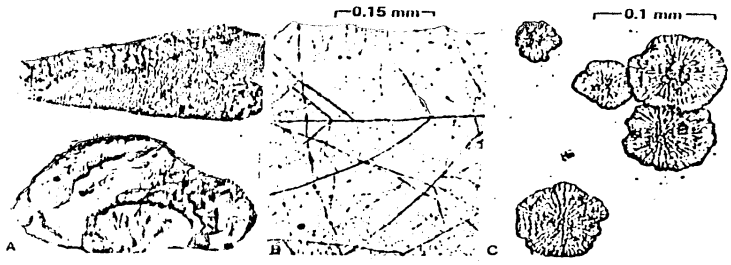
C = جرثومة ساكنة سميكة الجدار على قمة هيفا للجنس الحفرى *Palaeomyces* ، من العصر الديفونى .

D = جاميطة مؤنثة فطرية fungal oogonium تحتوى على بويضة oosphere (O) ، وربما تكون الخلية (a) عبارة عن الجاميطة المذكرة antheridium . والعينة الحفرية ترجع إلى الزمن البنسلفانى التابع للعصر الكربونى .

E = هيفا فطرية تحمل رابطة كلابية للجنس البازيدى الحفرى *Palaeancistrus* من الزمن البنسلفانى .



شكل (٢ - ٤) : قطاع خلال جسم ثمرى أسكى مقفول للجنس المعاصر *Erysiphe* يوضح الأكياس الأسكية المحتويـــة على الجراثيم الأسكية ، حيث تظهر الأكياس الأســـكية مـــن نموات معتدة من جدار الجسم الثمرى الأسكى .



شكل (٢ - ٥) : A = الفطر الحفرى *Fomes idahoensis* . عينة حفرية من العصر الثـــالث التابع لحقب الحياة الحديثة . يوضـــح الشكل العلوى الســـطح الســـفلى للجسم الثمرى الرفى ذى الثقوب العديدة ، بينما يوضح الشكـــل الســـفلى السطح العلوى للجسم الثمرى .

B = هيفا للفطر السطحى الحفـــرى *Asterina* علـــى ســـطح ورقـــة نبـــات *Sapindus*.

C = حشيات ثمرية stroma للفطر الحفرى *Callimothallus* علـــى ســـطح ورقة نبات *Sapindus* .

وقد أعاد بعض الباحثين فحص عينات الفطر الحفرى السابق *Palaeosclerotium* ، حيث يسود الان اعتقاد بأن هذه العينة تضم أكثر من فطر حفرى واحد ، وربما يفسر ذلك تداخل الصفات الفطرية ، والتراكيب التى تميز الفطريات الأسكية عن البازيدية . وقد يتطلب الأمر مزيدا من الفحص والدراسة على عينات حفرية أخرى .

وفى حقب الحياة الحديثة Cenozoic ، ظهرت الفطريات الأسكية المكونة للأجسام الثمرية المفتوحة apothecia ، والتى كونت المجموعة الفطرية المعاصرة Discomycetes ، وكذلك الأجسام الثمرية الدورقية المطمورة فى حشيات ثمرية ascostroma ، وهى أسلاف الفطريات الأسكية الحشرية المعاصرة Laboulbeniomycetidae ، والفطريات الأسكية القاطنة للأخشاب والتابعة للمجموعة المعاصرة Sphaeriales .

ولقد زاد انتشار هذه الفطريات الأسكية على سطوح أوراق النباتات البائدة فى حقبة الحياة الحديثة ، حيث يرجع ذلك إلى دفء المناخ ، وانتشار الغابات الكثيفة التى تنوعت فيها الأشجار العاريات البذور ؛ مثل الصنوبر ، والأرز ، وكذلك الأشجار المغطاة البذور ؛ مثل الحور والنخيل والكافور ، بالإضافة إلى أنواع هائلة من الحشائش والنباتات الحولية التى مازال بعضها موجودا حتى الان .

ومن الفطريات الأسكية الحفرية الأخرى التى تم إكتشافها ، فطريات بائدة تشابه بعض الأجناس المعاصرة ؛ مثل *Termatosphaeria* ، و *Rosellinia* ، و *Hypoxylon* ، بالإضافة إلى فطر حفرى محلل للجنين هو *Cryptocolax clarnesis* الذى يشابه الفطر المعاصر *Xylogone sphaerospora* .

ومن ناحية أخرى ، ظهرت بعض التراكيب الفطرية ، مثل هيفات وجراثيم لفطريات حفرية محفوظة داخل كتل من الكهرمان . وعادة ما يتم تكوين مثل هذه الحفريات الفطرية عندما تلتصق هيفات الفطر وجراثيمه خلال نموها على المجموع الخضرى بمادة صمغية لزجة تفرزها الأشجار الصنوبرية ، حيث ينطمر الصمغ فيما بعد فى الأرض ، ويتحول إلى كهرمان .

وعادة ما تحتوى مثل هذه الحفريات على تركيبات فطرية ، خاصة تلك القادرة على البقاء دون تحلل ، مثل الجراثيم الأسكية ذات اللون الداكن والجدار السميك . ومن الأجناس التى وجدت فى حبات الكهرمان : *Torula* ، و *Ganotobotrys* ، و *Cladosporium* ، و *Paecilomyces* .

ولقد اهتم عديد من الباحثين بدراسة التركيب الدقيق لجراثيم بعض الفطريات ، ومحاولة تتبع تطورها ، بالمقارنة مع الفطريات المناظرة المعاصرة ، مثال ذلك أبحاث (Powell (1978، و (Barr (1981، و (Petit & Schneider (1983، و (Cavalier-Smith (1983- 1987 .

ومن الدراسات الحديثة فى مجال الحفريات الفطرية ، ما نشره White & Taylor الباحثان بمركز بحوث النبات بجامعة ولاية أوهيو Ohio بالولايات المتحدة عام ١٩٨٨ بعنوان " فطر من العصر التيرياسى من قارة انتاركتيكا بالقطب الجنوبى واحتمالية نسبة إلى الفطريات الأسكية " .

ويتعرض هذا البحث لأحد الفطريات الحفرية الذى اكتشف لأول مرة ، حيث تم جمع ٢٥ عينة من طبقات رسوبية من قمة جبل فريمو Fremouw ، الواقعة ضمن سلسلة جبال القطب الجنوبى ، والتى كانت تحتوى أيضا على بعض الحفريات المرشدة التى تعود إلى بداية العصر التريلسى الأوسط Lower Middle Triassic age ، منذ حوالى ٢٠٠ مليون سنة مضت .

وعندما فحصت هذه العينات ميكروسكوبيا ، شوهدت أجسام ثمرية ذات جدار مركب ، تحتوى على تجويف داخلى بيضاوى الشكل، وتحمل على سطحها الخارجى زوائد هيفية . ولقد أطلق الباحثان على هذا الفطر الحفرى اسم *Endochaetophora antarctica* . ويشير اسم الجنس إلى وجود الزوائد الهيفية ذات المنشأ الداخلى على سطح الجسم الثمرى ، بينما يرجع اسم النوع إلى المكان الذى تم الحصول منه على العينة السابقة ، وهو قارة انتاركتيكا .

ويتراوح قطر الجسم الثمرى بين ٣٥٠ ميكرونا و ٥٠٠ ميكرون ، ويتميز بوجود فتحة وحيدة فى قمته ، بينما يتكون جدار الجسم الثمرى من ثلاث طبقات عديدة الخلايا (شكل ٢ – ٦) . وتخرج زوائد هيفية غير متفرعة من خلال جدار الجسم الثمرى ؛ حيث تتوزع بانتظام على السطح الخارجى . ويتميز مركز الجسم الثمرى بأنه مجوف ، وقد يحتوى أحيانا على جراثيم بيضاوية الشكل ، ذات جدار محبب ، قطرها ١٢ – ١٦ ميكرونا .

ولقد وجدت هذه الأجسام الثمرية مبعثرة بطريقة فردية ، وأحيانا كانت متجمعة فى أعداد صغيرة تتراوح بين جسمين و خمسة أجسام ثمرية ، بالإضافة إلى وجود هيفات وقطع هيفية وكونيديات مفصلية arthroconidia وميسليوم متموج .

وعند عمل قطاع فى الجسم الثمرى ، وجد أن الطبقة الداخلية للجدار يتراوح سمكها بين ١١ ميكرونا و ١٨ ميكرونا ، وتتكون من خلايا متشابهة (شكل ٢ – ٦ – ١٠) ، يبلغ قطرها ٢ – ٦ ميكرونات ، بينما تتميز الطبقة الوسطى (شكل ٢ – ٦ – ١٢) بأنها أكثر سمكا ؛ حيث يتراوح سمكها بين ٥٥ ميكرونا و ٧٦ ميكرونا ، وتتكون من خلايا صغيرة مضلعة يبلغ قطرها ٣ – ١٠ ميكرونات. أما الطبقة الخارجية (شكلى ٢ – ٦ ، و ١٠ ، ١١)، فيبلغ سمكها ١١ – ١٤ ميكرونا ، ويبدو أنها تتكون من نفس الخلايا المكونة للطبقة الداخلية .

وينفتح الجسم الثمرى بفتحة صغيرة ostiole ، يبلغ قطرها ٣٥ – ٥٠ ميكرونا (شكل ٢ – ٦ – ١٥) ، ذات حافة قصيرة (شكل ٢ – ٦ – ٩) ، حيث يظهر جدار الجسم الثمرى رقيقا فى هذه المنطقة (شكلى ٢ – ٦ – ٩ ، ١٠) ، ولا تشاهد فيه الطبقة الوسطى .

ويوضح الفحص الخارجى لجدار الجسم الثمرى وجود عديد من الزوائد الهيفية تبدو خارجة من الطبقة الداخلية للجدار (الأشكال ٢ – ٦ – ٨ ، ١٣ ، ١٥) . وتتميز هذه الزوائد الهيفية بأنها غير مقسمة ، وغير متفرعة ، ولا تتوزع بانتظام على سطح الجسم الثمرى .

ويبلغ طول الزوائد الهيفية أكثر من ١٢٥ ميكرونا، وقطرها ٤,٥ – ١٠ ميكرونات، وهى تبدو منحنية قليلا على محورها . وعند عمل قطاع عرضى فى هذه الزوائد الهيفية ، يظهر تجويف داخلى على شكل بقعة داكنة اللون فى المركز ، بينما يظهر هذا التجويف فى القطاع الطولى على شكل خط داكن اللون على طول الزوائد الهيفية (شكل ٢ – ٦ – ١٣) .

وعند فحص الأجسام الثمرية لهذا الفطر ، وجد أن بعضها يحتوى على جراثيم ذات شكل بيضاوى (شكل ٢ – ٦ – ١٤) يتراوح قطرها بين ١٢ ميكرونا و ١٦ ميكرونا، سميكة الجدار وذات سطح محبب ، إلا أنه لم تشاهد أكياس أسكية أو خلايا مولدة للجراثيم داخل الجسم الثمرى .

ولقد وجد مع هذه الأجسام الثمرية عديد من التجمعات الهيفية (شكلى ٢-٦-٣،٤)، ذات تجاويف طولية ، تشبه تلك التى شوهدت فى الزوائد الهيفية . ويبلغ طول هذه

الهيفات ٢٩ – ٦٠ ميكرونا . وعند دراسة هذه الهيفات ميكروسكوبيا ، لوحظ احتمال أن تكون هذه الهيفات هى المكونة للكونيديات المفصلية .

ومن ناحية أخرى ، شوهدت أطراف لهيفات فطرية (شكل ٢ – ٦ – ٥) ، ظهرت فيها – أيضا – التجاويف الطولية السابق ذكرها ، والتى يمكن اعتبارها نموات الميسليوم الفطرى حيث كانت مصاحبة لأجزاء نباتية متحللة .

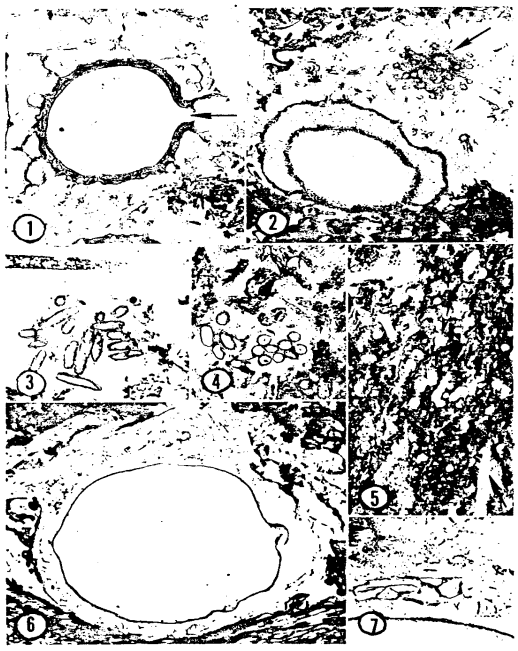
ومع استمرار دراسة تركيب الأجسام الثمرية لهذا الفطر الحفرى ، وجد أنها تختلف بعضها عن بعض ؛ نتيجة اختلاف مراحل تكوينها ، وإن كانت الصفات التركيبية للجدار الثمرى متشابهة . ولقد لوحظ أن جدار الجسم الثمرى يتركب من ثلاث طبقات ، عدا منطقة الفوهة ostiole (شكلى ٢ – ٦ – ٩ ، ١٠) ؛ حيث تتحد الطبقتان الداخلية والخارجية معا لتكوين جدار وحيد ، بينما تختفى الطبقة الوسطى فى هذه المنطقة .

وفى المناطق التى تظهر فيها الزوائد الميسليومية على جدار الجسم الثمرى ، يظهر المنشأ الداخلى لها ، والذى يعتقد أنه نتيجة نمو الخلايا المضلعة المكونة للطبقة الوسطى إلى الخارج .

ويبدو أن هناك علاقة وثيقة من ناحية الشكل الخارجى بين الأجسام الثمرية للفطر الحفرى *Endochaetophora antarctica* ، والأجسام الثمرية الأسكية الدورقية perithecia والأوعية البكنيدية pycnidia لعديد من الفطريات الأسكية ، إلا أنه – فى الوقت نفسه – توجد عديد من الاختلافات الجوهرية بينهما .

ففى الفطريات الأسكية المعاصرة ، يلاحظ أن جدار الجسم الثمرى يتكون من هيفات فطرية محبوكة ، تكون نسيجا بارانشيما كاذبا . كما أن الزوائد الهيفية الموجودة على سطح الجسم غالبا مقسمة ، وذات منشأ خارجى . وبالإضافة إلى ذلك ، لا يشاهد فى جدار الأجسام الثمرية الأسكية المعاصرة طبقة وسطية ، مثل تلك التى تشاهد فى الفطر الحفرى *E. antarctica* .

ومن الصفات التى يتميز بها الفطر الحفرى السابق ، وجود هيفات ذات تجويف داخلى ضيق ، تشابه فى شكلها الخارجى الهيفات الهيكلية والرابطة التى تميز عديدا من الفطريات البازيدية المعاصرة . كما لوحظ أن بعض قطع الهيفات القصيرة ، لها نفس التجويف الداخلى الضيق ؛ مما يجعلها تشابه الكونيديات المفصلية arthroconidia التى تكونها عديد من الفطريات المعاصرة ؛ مثل *Geotrichum* و *Collybia* .


1
2
3
4
5
6
7

شكل (٢ – ٦) : تركيب الجسم الثمرى للفطر الحفرى *Endochaetophora antarctica*

1 – قطاع فى الجسم الثمرى sporocarp يوضح الفتحة ostiole ذات القوهة البارزة (انظر السهم) .

2 – جسمان ثمريّان ، الأسفل يوضح الجدار العديد الطبقات ، بينما يوضح الجسم الثمرى الآخر (المشار إليه بالسهم) قطاعا طوليًا يظهر فيه التشعع والزوائد الملتصقة .

3 – مجموعة من الكونيديات المفصلية arthroconidia ، فى قطاع طولى .

4 – كونيديات مفصلية فى قطاع عرضىّ يوضح التجويف المركزى الضيق .

5 – مجموعة من الهيفات الجسدية (مشار إليها بالسهم) نامية فى مادةٍ عضويةٍ متحللة.

6 – تجمع ميسليومى يكوّن تركيبا كرويًا .

7 – شكل تفصيلى للميسليوم فى جدار التركيب الكروى ، يوضح طبيعة الهيفات الفطرية .

وعلى الرغم من مشاهدة بعض الجراثيم داخل بعض الأجسام الثمرية للفطر الحفرى السابق ، إلا أن طريقة تكوينها ليست معروفة ، كما أن غياب بعض التركيبات الهامة (مثل الأكياس الأسكية ، والحوامل البازيدية ، والروابط الكلابية clamp connections) يجعل من الصعب نسب هذا الفطر الحفرى إلى أىّ من الفطريات الأسكية أو البازيدية ، وخاصة أن هيفات هذا الفطر غير مقسمةٍ .

ولقد واجه العديد من الباحثين والدارسين للفطريات الحفرية مشاكل مشابهة ؛ فمثلا لم تشاهد هيفات مقسمة للفطر الحفرى التابع للجنس *Traquairia* ، على الرغم من احتمال وجود أكياس أسكيةٍ داخل أجسامه الثمرية (Stubblefield & Taylor, 1983 ; Stubblefield et al., 1983) .

وربما تُقدم مثل هذه الفطريات الحفرية دليلا على وجود حلقاتٍ مفقودةٍ فى سلسلة تطور الفطريات الراقية من أسلافٍ مشتركةٍ ، تطورت بعد ذلك فى اتجاهاتٍ متعددةٍ إلى الفطريات البازيدية والأسكية المعاصرة . ولهذا السبب يعمد كثير من الباحثين إلى دراسة الفطريات البدائية المعاصرة (الزيجية) والطحالب ؛ للبحث عن بعض الأدلة التى يمكن الاعتماد عليها ؛ لدعم نظرية تطور الفطريات ، والتى لم يستطع ما تم العثور عليه حتى الآن من الحفريات الفطرية تقديمها .

8
9
10
11
12
13
14

تابع شكل (٢ - ٦) : تركيب الجسم الثمرى للفطر الحفرى *Endochaetophora antarctica*.

8 - قطاع فى جدار الجسم الثمرى المتعدد الطبقات ، يوضح منشأ الزوائد الهيفية من طبقة الجدار الداخلى .
9 - قطاع فى الجسم الثمرى خلال الفتحة (الفوهة) ostiole .
10 - الخلايا المتساوية الأقطار لجدار الجسم الثمرى عند الفوهة .
11 - منطقة جدار الجسم الثمرى توضح التطور غير الكامل (مشار إليها بالسهم) .
12 - شكل تفصيلى للمنطقة الوسطى لجدار الجسم الثمرى توضح طبيعة الخلايا المضلعة.
13 - الزوائد الهيفية الناشئة من الطبقة الداخلية لجدار الجسم الثمرى . لاحظ التجويف الضيق فى الخلايا .
14 - جراثيم الفطر مكبرة ، ويظهر الجدار الخلوى المحبب .

وفى النهاية ، يعتقد الباحثان (White & Taylor (1988 - فى هذه الدراسة الشائقة - أن منشأ الفطريات الأسكية يعود إلى العصر الطباشيرى ؛ وعلى ذلك فإن الفطر الحفرى *Endochaetophora antarctica* قد يكون سلفا للفطريات الأسكية المعاصرة ؛ حيث ترجع نشأته إلى حوالى ١٣٥ مليون سنة مضت .

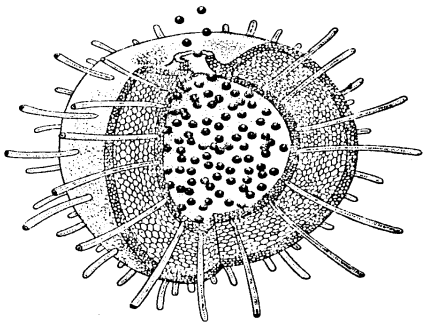
ولقد استكمل الباحثان السابقان دراستهما على الفطريات الحفرية (Taylor & White, 1989) ، فى بحث بعنوان " الفطريات الحفرية التابعة للعائلة Endogenaceae من العصر التيرياسى فى قارة انتاركتيكا بالقطب الجنوبى " .

وفى هذه الدراسة ، شاهد الباحثان تركيبات معقدة لأجسام ثمرية جرثومية sporocarp أكثر تعقيدا ؛ وبالتالى أكثر تطورا من أشباه أجناس الفطريات الحفرية السابق وصفها .

ولقد سبق مشاهدة تراكيب فطرية تشابه هذه الأجسام الثمرية فى رواسب العصر الديفونى Devonian ، التابع لحقبة الحياة القديمة الثانية Newer Plaeozoic منذ حوالى ٣٥٠ مليون سنة مضت .

وفى هذه الدارسة الحديثة (١٩٨٩) ، تم فحص رواسب حفرية تابعة للعصر التيرياسى Triassic التابع لحقبة الحياة الوسطى Mesozoic ، مأخوذة من قارة انتاركتيكا بالقطب الجنوبى ؛ حيث ظهرت أشكال من الأجسام الثمرية تتشابه فى شكلها الخارجى مع أشكال لأجسام ثمرية لفطريات حفرية وجدت مطمورة فى

رواسب لمخلفات عضوية من العصر الكربونى Carboniferous التابع لحقب الحيـــاة القديمة الثانى Newer Palaeozoic .



شكل (٢ - ٧) : رســـم تخيلى مجـسم لإعـادة تركيب الجـسم الثمـرى للفطـر الحفرى *Endochaetophora antarctica* ، مع قطـاع يوضـح نشـأة الزوائـد الهيفية وشكل الجراثيم الداخلية وطريقة تحررها من فوهة الجسم الثمرى.

وكان أول تسجيل لمثل هذه الأجسام الثمرية الفطرية فى عينات نباتية فحمية ترجـع إلى العصر الكربونى فى دراسات قام بها عام ١٨٨٠ الباحث الإنجليزى Williamson؛ حيث اكتشف أحد هذه الفطريـات الحفريـة ، وأطلـق عليـه اسـم *Sporocarpon pachyderma* ، إلا أن Hutchinson عـدل هـذا الاسـم إلـى *Mycocarpon pachyderma* (Wiliamson) Hutchinson وذلك عام ١٩٥٥ .

ولقد وصف (1955) Hutchinson ثلاثة أنواع فطرية أخرى تتبع شبـه الجنـس الحفرى السابق ؛ وهى : *M. ornatus* ، و *M. bimuratus* ، و *M. flexus* .

وفى دراسة متقدمة أخرى لهذا الفطر الحفرى ، وجد كـل مـن Stubblefield & (1983) Taylor أن الفطر الحفرى *Mycocarpon ornatus* هو أحـد أنـواع شبـه الجنس الحفرى *Traquairia* الذى كان منتشرا فى العصر الكربونى .

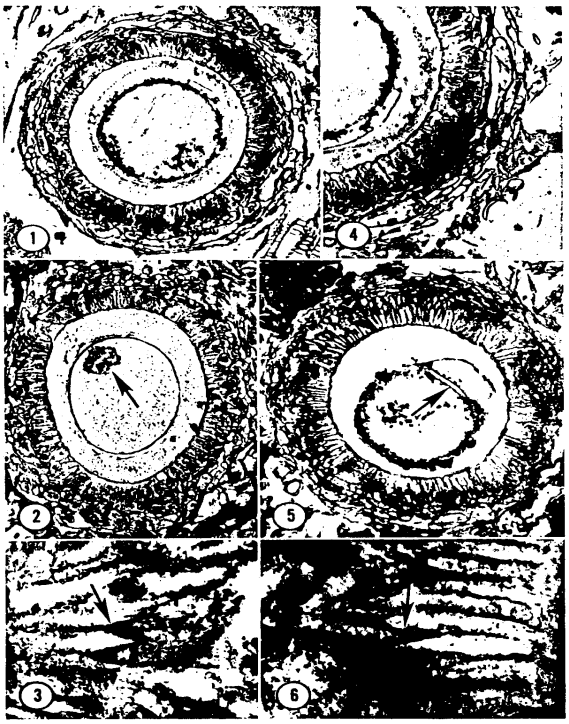
وفى الدراسة التى قام بها Taylor & White عام ١٩٨٩ على الفطريات الحفرية فى قارة انتاركتيكا بالقطب الجنوبى – والتى تتبع العصر التيرياسى – وجد أن معظم العينات التى تم فحصها كانت عبارة عن أجسام ثمرية مقفولة تشبه تلك الأجسام الثمرية الخاصة بالفطر الحفرى *Mycocarpon flexus* ، مع وجود بعض الاختلافات المظهرية .

ولقد تم جمع عينات متحجرة ، حل فيها عنصر السليكا محل جزئيات المادة العضوية ؛ وذلك من قمة فريمو Fremouw بجبال قارة انتاركتيكا عام ١٩٨٥ عن طريق الباحثين Smoot ، و Taylor ، و Delevoryas . ولقد وجد بعض الفطريات الحفرية فى هذه العينات الرسوبية ترجع إلى العصر التيرياسى المتوسط Early-Middle Triassic التابع لحقب الحياة الوسطى Mesozoic ، منذ حوالى ٢٠٠ مليون سنة مضت .

وأوضحت الدراسة تعريف الأجسام الثمرية للفطر الحفرى على أنه *Mycocarpon asterineum* Taylor & White ؛ حيث يشتق اسم النوع من اللاتينية asterineus بمعنى مشعع radiating ؛ ويرجع ذلك إلى الأخاديد المحفورة على الطبقة الداخلية لجدار الجسم الثمرى .

ولقد وجدت الأجسام الثمرية لهذا الفطر الحفرى فردية ومبعثرة ، حيث كانت مصاحبة – عادة – لأجزاء نباتية متحللة جزئيا . والجسم الثمرى كروى الشكل يتراوح قطره بين ٢٠٠ ميكرون و ٤٥٠ ميكرونا ، ذو تجويف داخلى مركزى ؛ قطره ١٥٠ – ١٩٠ ميكرونا (أشكال ٢ – ٨ – ١ ، ٢ ، ٥) . ويتكون الجدار الثمرى (شكل ٢ – ٨ – ٤) من طبقتين واضحتين ؛ الطبقة الخارجية تتركب من هيفات الفطر ، بينما تظهر الطبقة الداخلية غير خلوية مخططة . ويبلغ سمك الطبقة الداخلية (الأشكال ٢ – ٨ – ٣ ، ٤ ، ٧) ١٨ – ٣٥ ميكرونا؛ حيث تحتوى على قنوات قطرية عديدة ذات شكل مستقيم ولون داكن .

وتمتد الخلايا المكونة للطبقة الخارجية الميسلومية بطول القنوات القطرية (الاشكال ٢ – ٨ – من ٣ إلى ٧) . ويبلغ سمك هذه الطبقة ٣٠ – ٤٠ ميكرونا ، وتتركب من ٣ – ٥ طبقات من الهيفات المحبوكة . وتميزت الهيفات الفطرية بأنها مقسمة ومختلفة القطر ، يتراوح قطرها بين ٥ ميكرونات و ٢٥ ميكرونا (شكل ٢ – ٨ – ٩ السهم) .



شكل (٢ – ٨)

شكل (٢ – ٨) : تركيب الجسم الثمرى للفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum* .

1 – **قطاع يمر فى وسط الجسم الثمرى . يوضح الطبقة الداخلية للجدار محاطة بطبقة خارجية من الهيفات الفطرية (معدل التكبير ١٧٦ مرة).**

2 – **قطاع يمر فى وسط الجسم الثمرى يوضح الجرثومة الكبيرة الموجودة فى الجسم الثمرى ، بينما تظهر المحتويات السيتوبلازمية للجرثومة كمخلفات مجعدة (السهم) . (معدل التكبير ١٧٦ مرة) .**

3 – **قطاع يوضح الخلايا المتراكمة (السهم) الموجودة فى القنوات القطرية للطبقة الداخلية لجدار الجسم الثمرى (معدل التكبير ١٤٠٠ مرة) .**

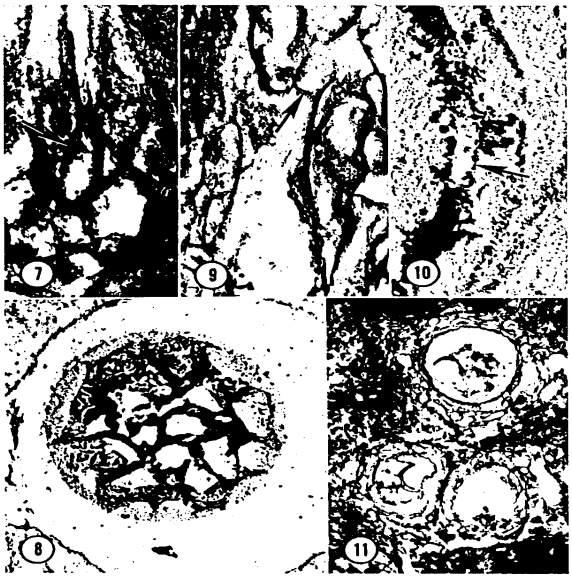
4 – **قطاع يمر فى وسط الجسم الثمرى يوضح مدى الترابط بين الطبقة الداخلية لجدار الجسم الثمرى وطبقة الهيفات الخارجية (معدل التكبير ٢٧٥ مرة) .**

5 – **قطاع يمر فى وسط الجسم الثمرى يوضح الخطوط القطرية فى طبقة الجدار الداخلى ، والجرثومة الكبيرة المركزية ، والسهم يوضح الخلايا المهشمة (معدل التكبير ١٧٦ مرة) .**

6 – **قطاع يوضح القنوات القطرية ذات الشكل المستقيم واللون الداكن الموجود فى الطبقة الداخلية لجدار الجسم الثمرى (معدل التكبير ١٤٠٠ مرة) .**

ويوجد فى تجويف الجسم الثمرى جرثومة وحيدة كبيرة الحجم ، يبلغ قطرها ١٥٠ – ١٩٠ ميكرونا (الأشكال ٢ – ٨ – ١ ، ٢ ، ٥) ، ذات جدار أملس قطره ٤ – ٥ ميكرونات (شكل ٢ – ٨ – ١٠ سهم) . وفى معظم القطاعات ظهر الجدار الخلوى مغطى بمواد داكنة اللون ، قد تمثل تراكيب منكمشة للجسم الثمرى كانت تحيط بالجرثومة (شكلا ٢ – ٨ – ٥ ، ١٠) . كما ظهر عديد من الخلايا كبيرة الحجم فى فراغ ما يمكن اعتباره أجساما ثمرية غير ناضجة (شكل ٢ – ٨ – ١١) ، هذه الخلايا تتحلل وتتلاشى عندما يتم تكوين ونضج الجرثومة ؛ حيث تظهر بقاياها ملتصقة بالجرثومة (شكلا ٢ – ٨ – ٢ ، ٥) .

وبدراسة صفات هذا الفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum* ، لوحظ عدم وجود نظير له بين الفطريات المعاصرة ؛ وبالتالى يصعب تصنيفه وإيجاد مكان له فى التقسيم الحديث . وعلى الرغم من ذلك فإن تركيب الجسم الثمرى المعقد يضع هذا الفطر فى مرتبة الفطريات الراقية ، ولكن بعض صفاته الأخرى تدل على بدائيته . وهذا يدل على أن هذا الفطر يقع فى حلقة وسطية بين الفطريات البدائية والراقية فى سلسلة تطور الفطريات .



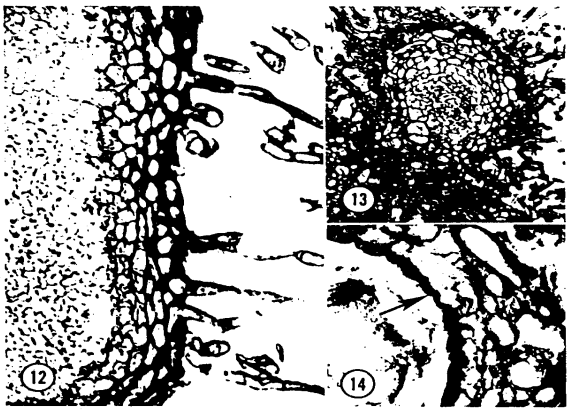
تابع شكل (٢ - ٨)

تابع شكل (٢ – ٨) : 7 – يوضح السهم ظهور خلية رفيعة من طبقة الهيفات المحبوكة (معدل التكبير ١٤٠٠ مرة) .
8 – قطاع تماسى للجرثومة داخل الجسم الثمرى يوضح البقايا الشبكية المجعدة لمحتويات الجسم الثمرى (معدل التكبير ٤٤٠ مرة) .
9 – قطاع فى طبقة الهيفات الخارجية للجسم الثمرى – يشير السهم إلى مكان الجدار الفاصل فى هيفا الفطر (معدل التكبير ٤٤٠ مرة) .
10 – يوضح السهم جدار الجرثومة داخل الجسم الثمرى (معدل التكبير ١١٠٠ مرة) .
11 – ثلاث جراثيم غير ناضجة فى وسط مادة البيت الحفرى.

فعلى سبيل المثال ، يعتبر وجود جرثومة وحيدة فى الجسم الثمرى وغياب وسيلة انتشار فعالة لتحرير الجرثومة من الصفات البدائية التى تشاهد فى بعض الفطريات الزيجية المعاصرة ، بينما وجود التركيب المعقد للجسم الثمرى يضع هذا الفطر فى مرتبة الفطريات الراقية (الأسكية والبازيدية) . وعلى الرغم من هذا التركيب المعقد للجسم الثمرى ، فإن وجود الطبقة غير الخلوية فى الجدار الداخلى تجعله مختلفا اختلافا جوهريا عن الأجسام الثمرية للفطريات الراقية المعاصرة .

ففى الأجسام الثمرية الأسكية المقفولة cleistothecia والأجسام الدورقية perithecia للفطريات المعاصرة ، نلاحظ تكوين جدار الجسم الثمرى مبكرا وتمدده لتكوين الجسم الثمرى ؛ حيث يتركب من هيفات محبوكة (شكل ٢ – ٨ – ١٢ ، ١٣) ، ومع استمرار التطور ، تستمر هيفات الجدار الخلوى فى الاستطالة فى مستوى متعامد على اتجاه تمدد الجسم الثمرى . وخلال تكوين الجدار الخلوى ، تنثنى بعض الهيفات الفردية لتكوين نسيج بارانشيمى كاذب pseudoparenchyma .

وعند مقارنة ذلك بتكوين الجسم الثمرى للفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum* نجد أن الطبقة الداخلية غير الخلوية سميكة (شكل ٢ – ٩) ، تكونها طبقة الهيفات الخارجية (شكل ٢ – ١٠) ذات الهيفات المتداخلة المحبوكة التى لا تفقد فرديتها ، ولا تكون نسيجا بارانشيميا كاذبا ، وهذا النسيج يميز الأجسام الثمرية الأسكية المعاصرة .



تابع شكل (٢ - ٨)

تابع شكل (٢ - ٨) : 12 - قطاع فى جدار جسم ثمرىّ ناضج للفطر المعاصر *Paraphoma* sp. يوضح طبقات النسيج البارانشيمى الكاذب الجيدة التكوين (معدل التكبير ١٠٠ مرة) .

13 - قطاع فى جسم ثمرىّ غير ناضج للفطر المعاصر *Botryospheria* sp. يوضح النسيج البارانشيمى الكاذب المكون لجدار الجسم الثمرى ، والمركز المتعدد الخلايا (معدل التكبير ٤٠٠ مرة) .

14 - قطاع فى جسم ثمرىّ غير ناضج للفطر الحفرى *Mycocarpon* يوضح الهيفات الفطرية المحبوكة ، والمندمجة مع الجزء الداخلى للجسم الثمرى (معدل التكبير ١١٠٠ مرة) .

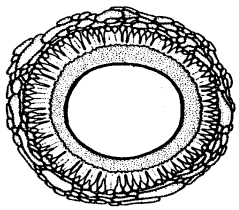
ومن ناحيةٍ أخرى ، وجد أن هيفات هذا الفطر الحفرى نادرة التقسيم ، وهذه صفة أخرى تجعل هذا الفطر الحفرى بعيداً فى صفاته عن الفطريات الأسكية المعاصرة . كما يلاحظ أيضاً أن هذه الفطريات الأسكية المعاصرة تتميز بوجود بعض التركيبات الهامة ، مثل الجاميطات الأسكية المؤنثة ascogonia ، والهيفات المولدة للكيس الأسكى ascogenous hyphae ، بالإضافة إلى الأكياس الأسكية asci ذات الشكل المستطيل أو الكروّى ، والجدار الخلوى المتباين السمك .

وبمقارنة الصفات السابقة بصفات الجسم الثمرى للفطر الحفرى تحت الدراسة ، نجد أن الجسم الكروى الموجود فى فراغ الجسم الثمرى يتركب من غلاف صلب ، بينما لم تشاهد به أية جراثيم داخلية ؛ أى إن هذا الجسم الكروى عبارة عن جرثومةٍ وحيدةٍ ذات جدار صلبٍ أملس وليس كيساً أسكيًّا ؛ وهذا يدل على أن هذا الفطر الحفرى ليس فطراً أسكيًّا .

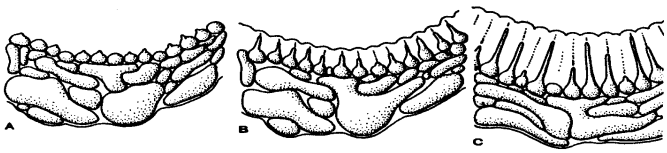
ويدل وضع الجرثومة الكبيرة داخل الجسم الثمرى - الذى يتركب جزئيًّا من هيفاتٍ فطريةٍ - على أن هذا الفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum* يشبه فى تركيبه الفطريات الزيجية التابعة للعائلة Endogonaceae ؛ وهى مجموعة من الفطريات تتميز بالجراثيم الكبيرة الحجم، محاطة بجسم ثمرىّ يحميها . كما توجد فى هذه العائلة بعض الفطريات ذات الميسليوم المقسم (Gerdemann & Trappe, 1974) .

ومن ناحيةٍ أخرى ، تُظهر الأجسام الثمرية لبعض الفطريات الأسكية المعاصرة بعض الصفات البدائية ؛ كما هى الحال فى الأجناس *Traquairia* Williamson، و *Dubiocarpon* Hutchinson ، و *Coleocarpon* Stubblefield et al. ،

و *Endochaetophora* White & Taylor ؛ حيث يتركب جدار الجسم الثمرى من طبقة داخلية غير خلوية ، بينما تكون الهيفات المكونة للطبقة الخارجية ذات طبيعة فردية ، ولا يوجد نسيج بارانشيمى كاذب .



شكل (٢ - ٩) : رسم تخطيطى للجسم الثمرى للفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum* يوضح طبقات الجدار والجرثومة الداخلية الوحيدة .



شكل (٢ - ١٠) : رسم تخطيطى يوضح مراحل تطور جدار الجسم الثمرى للفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum*

A = جدار غير ناضج ، يحتوى على هيفات خارجية مندمجة .

B = تغليظ الجدار الداخلى ، وإفراز مواد متراكمة داخليا من الطبقة الداخلية.

C = طبقات الجدار الخارجى قبل تمام نضج الجسم الثمرى ، حيث تبدو أقل اندماجا، بينما تبدأ خلايا الطبقة الداخلية للميسليوم فى التحلل .

ومن الصفات البدائية الأخرى فى الأجناس السابقة ، وجود طبقة من الخلايا المضلعة التى تبدو كالنسيج البارانشيمى الكاذب فى الجدار الخارجى للجسم الثمرى للجنس *Endochaetophora* ، ووجود تركيبات كروية الشكل ذات جدار سميك داخل الجسم الثمرى للجنس *Dubiocarpon* ، والجنس *Coleocarpon* ، وهذه التركيبات كانت خالية من الجراثيم الداخلية ؛ ومن ثم فهى ليست أكياسا أسكية ، ولكنها جراثيم تشبه تلك التى يكونها الفطر الحفرى البائد *Mycocarpon asterineum* .

وعند مقارنة الجراثيم التى يكونها الفطر الحفرى السابق بالحويصلات التى تكونها فطريات الميكورهيزا الحوصلية ذات التفرعات الشجيرية التابعة للعائلة Endogonaceae المعاصرة ، نجد تشابها واضحا بينهما ؛ ومن ثم فإنه يمكن استنتاج أن جراثيم الفطر الحفرى السابق تمثل أسلافا بائدة لفطريات معاصرة ؛ فقد تكون أسلافا لفطريات تابعة للعائلة Endogonaceae أو لفطريات أسكية مكونة أجساما ثمرية مقفولة أو ذات فتحة .

وربما تكون سلسلة تطور هذه الفطريات فى اتجاه الفطر الحفرى إلى العائلة Endogonaceae ، ثم تطورت الأجسام الثمرية للعائلة السابقة إلى فطريات أسكية راقية ؛ حيث تطورت الجراثيم الداخلية لتكون أكياسا أسكية (Cavalier & Smith, 1987) . وربما يؤكد ذلك وجود بعض الجراثيم الداخلية فى بعض جراثيم الفطر الحفرى السابق ، بينما لم تشاهد الهيفات المولدة للأكياس الأسكية . ومازال هذا الموضوع يحتاج إلى مزيد من الدراسات لتوضيح مدى احتمال أن يكون هذا الفطر الحفرى سلفا للفطريات الأسكية .

وتوضح أبحاث (Pirozynski (1976 أن الظهور المفاجئ للفطريات الأسكية المعاصرة على أوراق النباتات ، يدل على أن تطور هذه الفطريات بدأ من العصر التيرياسى Triassic التابع لحقب الحياة الوسطى Mesozoic ، وكذلك تؤكد أبحاث Heath, 1987 أن هذا الظهور المفاجئ للفطريات الأسكية فى العصر التيرياسى يعتبر انعكاسا منطقيا لظهور وانتشار النباتات الأرضية . ولقد أوضحت كثير من الدراسات على الحفريات الفطرية فى العصور السابقة للعصر التياسى – وذلك خلال حقب الحياة القديمة الثانى Newer Palaeozoic – أن الفطريات الحفرية كانت تكون أجساما ثمرية مقفولة تفتقر إلى آلية فعالة لنثر جراثيمها ؛ وبالتالى تحررت مثل هذه الأجسام الثمرية عن طريق سقوطها على التربة أو المواد العضوية النباتية .

ويدل وجود مثل هذه الأجسام الثمرية فى حفريات تحتوى على بقايا نباتية شبه متحللة (مثل البيت peat) على أن هذا الفطر الحفرى قد يكون مترمما ، بينما الفطريات المعاصرة التابعة للعائلة Endogonaceae ذات علاقة تبادل منفعة (تكون علاقة ميكورهيزا VAM) مع جذور النباتات الوعائية ، وهكذا فإن دورها محدود فى تحليل المادة العضوية .

وحيث إن الفطريات سبقت النباتات البدائية فى استيطان اليابسة ، فإن ما سبق يدعم النظرية القائلة بأن النباتات استطاعت النمو على اليابسة ضاربة بجذورها فى التربة ، مستفيدة من علاقة تبادل المنفعة مع هذه الفطريات البدائية الأرضية ؛ لذا فإن هذا يدل على أن علاقة تبادل المنفعة كانت موجودة بين الفطريات البدائية فى بيئتها المائية وبين النباتات الأولية المشتركة معها فى نفس البيئة ؛ حيث هيأت هذه العلاقة الفرصة الجيدة للنباتات الأولية للتأقلم على النمو على البيئة الأرضية القاسية بمساعدة الفطريات.

ومنذ ظهور هذه النظرية ، أضيفت معلومات جديدة عن الفطريات الحفرية وعن تطور الفطريات ؛ فوجود جراثيم الفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum* على بعض المواد العضوية المتحللة جزئيا فى الحفريات السابقة ليس دليلا حتميا على وجود علاقة تبادل منفعة بينه وبين هذه النباتات ، فقد يكون هذا الفطر مترمما على هذه المواد العضوية . إلا أن وجود كونيديات هذا الفطر الحفرى على المواد العضوية للبيت فى العصر الديفونى Devonian قد يدل على أن هناك احتمالا لوجود نوع من المعايشة البيئية بين هذا الفطر والنباتات البدائية فى أوائل ظهورها على سطح الأرض .

وعلى ضوء ذلك فإن أمامنا نظرية بديلة ؛ وهى أن بعض الفطريات كانت تنمو على الشواطئ أو فى المستنقعات ؛ حيث تتراكم المواد العضوية ، ثم بدأت فى التطور والنمو على نباتات البيئة الأرضية . وبهذه الطريقة قامت الفطريات بتحليل المواد العضوية كمترممات أرضية ، ثم بدأت فى إنشاء علاقات متنوعة مع النباتات الوعائية البدائية . ويعتبر كثير من الباحثين أن تكوين الموطن الأرضى الخصب هو المقدمة التى أسهمت فى تطوير النباتات الأرضية وانتشارها على اليابسة .

وتعتبر العلاقة بين الفطريات المترممة والنباتات الأرضية البدائية علاقة غذائية ضرورية متبادلة ؛ ففى الوقت الذى تحتاج فيه النباتات إلى عناصر غذائية يتم تحريرها

بفعل الفطريات المترممة ، فإن الفطريات المترممة تحتاج إلى مركبات عضوية معقدة يتم تكوينها بواسطة النباتات .

وهناك اعتقاد بأن الفطريات المكونة للميكورهيزا الداخلية ذات التفرعات الشجيرية (VAM) التابعة للعائلة Endogonaceae – والتى تنتشر حاليا فى جميع النباتات الوعائية – قد تطورت تدريجيا من الفطريات الأولية ، وربما استغرق هذا التطور لإنشاء علاقة تبادل المنفعة بين هذه الفطريات وجذور النباتات الوعائية جزءا كبيرا من الدهر .

ومع ذلك فإن اكتشاف حفريات لفطريات بائدة ذات تكوينات تشبه الميكورهيزا الحوصلية ذات التفرعات الشجيرية فى رواسب العصر التيرياسى Triassic تدل على أن هذه الفطريات كانت موجودة مع بداية حقب الحياة الوسطى Early Mesozoic ، وربما قبل ذلك فى نهاية حقب الحياة القديمة الثانى Late Newer Palaeozoic منذ حوالى ٢٥٠ مليون سنة مضت (Stubblefield et al., 1987) .

وعلى الرغم من المعلومات السابقة ، فمازال علم دراسة الفطريات الحفرية القديمة Paleomycology يحتاج إلى تضافر جهود الباحثين والعلماء فى مجالات العلم المختلفة ؛ لأن دراسة الحفريات الفطرية تحملنا إلى الماضى البعيد وبيئته وكائناته الحية البائدة . إنه عالم كان زاخرا بالحياة لم نعايشه ، ولكننا – على الأقل – يمكننا تصوره .

إن الفطريات التى حرمت من نعمة وجود الكلوروفيل ، اعتمدت – طوال العصور الماضية حتى عصرنا الحالى – على غيرها فى الحصول على الغذاء . لقد فقدت الفطريات أملها فى التطور والارتقاء ، ومازالت تعيش حياتها الأولية كأسلافها القدماء منذ ملايين السنين . إنها شاهد حى على نشأة الحياة فى بيئتها القديمة ، ومازالت تحمل ذكراها البعيدة إلى عصرنا الحالى .

رابعاً ـ الفطريات الحفرية البازيدية :

أظهرت الدراسات التى أجريت على الحفريات الفطرية التابعة للعصر الكربونى Carboniferous وجود حفريات لفطريات بازيدية بائدة ، عبارة عن أجسام ثمرية حفرية لبعض فطريات عيش الغراب الرفية التقبية ، والتى تشابه الأجسام الثمرية

لفطر عيش الغراب الثقبى المعاصر *Polyporus bowmanii* ، بالإضافة إلى أجسام ثمرية لفطريات عيش غراب ثقبية حفرية أخرى ، مثال ذلك : الفطر *Pseudopolyporus carbonicus* ، والفطر *Dactyloporus archaeus* .

وهناك أدلة أخرى تؤكد ظهور الفطريات البازيدية فى العصر الكربونى ، منذ أكثر من ٣٠٠ مليون سنة مضت ، مثل اكتشاف حفريات لهيفات فطرية مقسمة ذات روابط كلابية clamp-bearing mycelium للفطر الحفرى *Palaeancistrus martinii* ، وذلك فى خشب نبات وعائى حفرى يرجع للزمن البنسلفانى ، وكان ذلك أول تسجيل لفطر بازيدى فى ذلك العصر السحيق .

ومن ناحية أخرى ، ظهرت حفريات للفطر البازيدى *Phellinites digustoi* فى حفرية من خشب أشجار الأروكارية ، وهو أحد أشجار الفصيلة الصنوبرية ، من العصر الجوارسى Jurassic التابع لحقب الحياة الوسطى Mesozoic منذ حوالى ١٥٠ مليون سنة مضت .

ونادراً ما وصفت فطريات بازيدية حفرية فى عينات ترجع إلى مرحلة ما قبل الزمن البنسلفانى التابع للعصر الكربونى . ولكن وجدت بعض الجراثيم التى تميز الفطريات البازيدية المتطفلة ، وكذلك شوهدت أجسام ثمرية لأنواع من فطريات عيش الغراب مثل الجنس البائد *Geasterites* من العصر الثالث Tertiary التابع لحقب الحياة الحديثة ، والجنس البائد *Fomes* من زمن البلستوسين Pleistocene age فى نهاية حقب الحياة الحديثة .

ولقد توالى بعد ذلك اكتشاف فطريات بازيدية أخرى بائدة ، عبارة عن أجسام ثمرية حفرية لفطريات عيش غراب ثقبية ، مثال ذلك : الفطر *Fomes fomentarius* ، وفطر عيش الغراب ذو الأسنان *Hydnum argillae* من العصر الميوسينى ؛ بالإضافة إلى حفريات لثمار من بعض فطريات عيش غراب نجوم الأرض البائدة ؛ مثل : *Geaster florissantensis* ، وفطر عيش الغراب الثقبى *Fomes idahoensis* من العصر التالى (البليوسينى Pliocene) ، منذ حوالى ١٣ مليون سنة مضت .

ومما سبق يتضح أن فطريات عيش الغراب الثقبية وذات الأسنان والفطريات الرفية التابعة لرتبة البولى بورات Polyporales ، وأيضا فطريات الكرات النافخة ونجوم الأرض التابعة للفطريات المعدية Gasteromycetes ظهرت وانتشرت فى حقب

الحياة الوسطى Mesozoic ، أى منذ حوالى ٢٢٥ مليون سنة مضت ، بينما لم تشاهد حفريات لفطريات عيش الغراب الخيشومية التابعة لرتبة الأجاريكالات Agaricales فى ذلك الوقت .

وقد يكون السبب فى ذلك راجعا إلى فشل الثمار اللحمية التى تكونها فطريات عيش الغراب التابعة لرتبة الأجاريكالات فى تكوين حفرية حقيقية ، ربما لعدم قدرة هذه الثمار على مقاومة التحلل الذاتى ، أو ذلك التحلل الناتج عن تطفل أو ترمم الأحياء الدقيقة الأخرى عليها .

وعلى الرغم من الأسباب السابقة ، فلقد أمكن العثور على حفريات لبعض فطريات عيش الغراب الخيشومية البائدة ، عبارة عن هيفات نامية على قطع من خشب الأشجار للفطر الحفرى *Agaricites* الذى يشابه الجنس المعاصر *Agaricus* . وبدراسة عمر هذه الحفرية ، وجد أنها ترجع إلى العصر الميوسينى Miocene التابع لحقب الحياة الحديثة ، أى منذ حوالى ٢٠ مليون سنة مضت .

وتدل النتائج السابقة على أن فطريات عيش الغراب الخيشومية أحدث وأكثر تطورا من تلك الأنواع الثقبية وذات الأسنان ونجوم الأرض والكرات النافخة ، والتى ظهرت قبل الأنواع الخيشومية بحوالى ٢٠٠ مليون سنة .

ولكن يجب أن يوضع فى الحسبان أن كثيرا من فطريات عيش الغراب الخيشومية الحفرية له علاقة ميكورهيزا خارجية مع عديد من الأشجار الصنوبرية ، ولعل هذا يكون سببا منطقيا لانتشار غابات الأشجار الصنوبرية التى كونت طبقات الفحم الاقتصادية ، وخاصة فى العصر الترياسى Triassic .

ولقد وجدت حفرية لهيفات فطرية فى خشب أحد النباتات السرخسية ترجع إلى الزمن البنسلفانى المتوسط Middle Pennsylvanian age ، الذى يتبع العصر الكربونى فى حقب الحياة القديمة (Dennis, 1969) ، وكانت هذه الهيفات ذات روابط كلابية clamp connections لها حاجزان عرضيان ، أحدهما عند قاعدة الرابطة الكلابية ، والثانية عند طرفها .

كما شوهدت بعض هيفات الفطر الحفرى السابق ذات روابط كلابية غير مكتملة التكوين ، أطلق عليها اسم الروابط الكاذبة pseudoclamps . وقد تتكون هذه

التراكيب من هيفات قصيرة وحيدة الخلية ، وقد يتكون فيها جراثيم كلاميدية وحيدة النواة أو ذات نواتين .

ويعمل هذا التركيب على انتقال إحدى الأنوية الشقيقة من خلية إلى أخرى ، وهو يمثل مرحلة من دورة حياة الفطريات البازيدية . ونظرا لدوره المتخصص ، فإن وجود مثل هذه الزوائد الخطافية يعتبر دليلا قاطعا على طور الميسليوم الثانوى الثنائى الأنوية dikaryotic stage . وهو يدل – أيضا – على أن الفطر بازيدى ، حيث لم يثبت وجود هذا التركيب فى الفطريات الأسكية .

ومن سوء الحظ ، أن معظم التسجيلات الحفرية تحمل قليلا من التراكيب المتخصصة التى تشير إلى بداية ظهور الفطريات البازيدية ومراحل تطورها ، فهناك العديد من نتائج الأبحاث التى أجريت على الفطريات البازيدية من عينات حفرية ترجع إلى حقب الحياة الوسطى Mesozoic Era .

ويشير أحد البحوث السابقة إلى وجود هيفات ذات روابط كلابية محفوظة فى خشب داخل عينة من الكهرمان ، ولكن لم يمكن تقدير العمر الحقيقى لمثل هذه الحفرية ، إلا أنه يعتقد أنها ترجع إلى الزمن الأيوسينى المتأخر Late Eocene أو الزمن الأوليجوسينى المبكر Early Oligocene ، أى منذ حوالى ٣٦ مليون سنة مضت .

ولقد وجد أن العينات الحفرية التى تم الحصول عليها – والتى ترجع إلى العصر البنسلفانى – قليلة الاحتفاظ بتراكيبها المميزة التى سبقت الإشارة إليها ، مما يجعلها صعبة المقارنة بالفطريات البازيدية المعاصرة . وعلى ذلك فإن وجود الفطريات البازيدية فى مستهل حقبة الحياة القديمة Paleozoic مازال سؤالا مطروحا ، لم يجد إجابة شافية حتى الان .

ومن ناحية أخرى ، توصلت الدراسات التى أجريت على الحفريات الفطرية – أيضا – إلى العثور على بعض الحفريات لفطريات الأصداء Fossils of rust-fungi ، حيث تدل هذه الحفريات على أن نشأة هذه المجموعة الهامة من الفطريات المتطفلة على المجموع الخضرى لعديد من العوائل النباتية يرجع إلى العصر الطباشيرى Cretaceous فى نهاية حقبة الحياة الوسطى ، ويمتد إلى بداية العصر الثلاثى Early Tertiary فى بداية حقبة الحياة الحديثة ؛ أى منذ حوالى ٧٥ مليون سنة مضت .

ويعتبر أول ما اكتشف من تكوينات فطرية حفرية تشبه تركيب البثرات التيليتية كانت للفطر البائد *Teleutospora millotii* وذلك فى العصر الكربونى ، أى منذ حوالى ٣٢٠ مليون سنة مضت ، إلا أن ذلك صادفه شكوك قوية فى صفات الفطر الحفرى ، حيث كانت جراثيمه كبيرة الحجم ، بالمقارنة بفطريات الأصداء المعاصرة .

ومع استمرار البحث والتنقيب ، وجدت عينات أخرى من الفحم الحجرى Lignites، تحتوى على جراثيم تيليتية لفطريات صدأ وتفحم بائدة ، الا أنها كانت مختلفة بدرجة كبيرة فى شكلها عن تلك الأنواع المعاصرة . ولقد أمكن تعريف بعض هذه الجراثيم التيليتية التى استطاعت مقاومة التحلل فى طبقة الصخور الرسوبية ببعض مناطق أمريكا الجنوبية والهند .

وكانت هذه الفطريات الحفرية موجودة فى طبقات رسوبية تحتوى على بعض الحفريات المرشدة التى تدل على أن هذه الفطريات البائدة تتبع العصر الميوسينى التابع لحقب الحياة الحديثة . ومن الأجناس الحفرية لفطريات الأصداء التى تم اكتشافها : *Triphragmium* ، و *Ravenelia* ، و *Milesia* ، و *Xenodochus* .

ويعتبر الفطر الحفرى *Anthracomyces cannallensis* من أفضل الحفريات الفطرية التى تم العثور عليها لأحد الفطريات الشبيهة بفطريات الأصداء المعاصرة ، حيث يتميز بالميسليوم المتفرع والانتفاخات الطرفية الشبيهة بالكونيديا terminal conidia-like spheres .

وعلى الرغم من هذا الاهتمام المستمر الذى أولاه العديد من الباحثين لهذا الموضوع الهام ، فإنه مازال هناك عدم اتفاق بين جمهور الباحثين على المجاميع الرئيسية التى تطورت من الفطريات البائدة .

وترجع أهمية هذه المجاميع الرئيسية (الزيجية والأسكية والبازيدية) إلى علاقتها بالبيئة التى يعيش فيها الإنسان منذ فجر التاريخ ، حيث لعبت – ولا تزال تلعب – دورا كبيرا فى تحليل المواد العضوية ، وإصابة النباتات بالأمراض ، وإنشاء علاقة تبادل المنفعة مع جذور النباتات الوعائية (الميكورهيزا الداخلية) .

ولقد أوضحت هذه الدراسات أن جراثيم الفطريات الحفرية المكتشفة تقارب فى شكلها الخارجى بعض الفطريات المعاصرة ، وهذا يدل دلالة واضحة على تطور

الفطريات المعاصرة من أسلاف بائدة تطورت فـــى تراكيبـــها المختلفـــة – خاصـــة الجراثيم – تحت ظروف بيئية متغيرة أثرت عليها وعلى المواد التى تنمو عليها ، ممـــا أدى إلى تطور السلوك الغذائى لهذه الفطريات وطريقة نموها وتكاثرها لكى تبقى علـــى قيد الحياة .

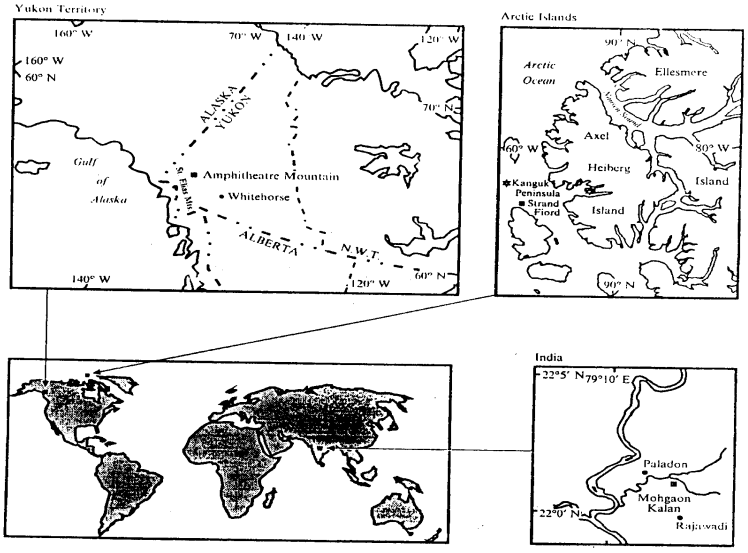
خامساً ـ الفطريات الحفرية الناقصة :

من أحدث الأبحاث التى اهتمت بدراسة الفطريات الحفرية الناقصة ، ذلـــك البحـــث المشترك الذى قام به Kalgutkar الباحث بمعهد جيولوجيا الرواسب وبحوث البترول – البرتا – كندا وزميله Sigler الباحث فى مجال الفطريات والأعشاب البريـــة بجامعـــة البرتا – كندا ؛ وذلك عام ١٩٩٥ ؛ بعنوان " دراسات تقسيمية لبعض الفطريات الحفرية من العصور القديمة " .

وفى هذه الدراســـة تم تجميع عينات من رواسب تنتمى إلـــى الزمـــن الباليوســـينى المتأخر Late Paleocene age والزمن الأيوسينى المبكر (فجـــر الحيـــاة الحديثـــة) Early Eocene age التابعين للنظام الثالث Tertiay system فى حقبة الحياة الحديثـــة Cenozoic . ولقد أخذت هذه العينات من ثلاث مناطق مختلفة ، الأولـــى مـــن أرض منبسطة يحيط بها مرتفعات بمقاطعة يوكون Yokon بكندا ، والثانية من خليـــج جبـــل ثلجى Iceberg Bay Formation بالقرب من جزيرة Axel Heiberg بكنـــدا ، بينمـــا المنطقة الثالثة من مرتفعات بوسط الهند (شكل ٢ – ١١) .

ويلاحظ أن جزيرة Axel Heiberg بكندا مغطاة بغطاء جليدى ضخم يمتـــد خـــارج حدود البر ، حيث تنفصل من هذا الغطاء الجليدى كتل جليدية ضخمة تطفو مبتعدة على هيئة جبال جليدية ice bergs فى المحيط المتجمد الشمالى .

ولقد تم تقسيم عينات الجراثيم الفطرية الحفرية (الكونيديات) تبعاً لشكلها الخارجى وحجمها وطبيعة جدرها الخلوية ، وسمك هذه الجدر ، والتغيرات التى قد تكون طرأت عليها نتيجة عوامل التعرية ، وأيضاً وجود أو غياب ثقوب الإنبات وعددها ، وغير ذلك من صفات أخرى ذات أهمية تقسيمية .

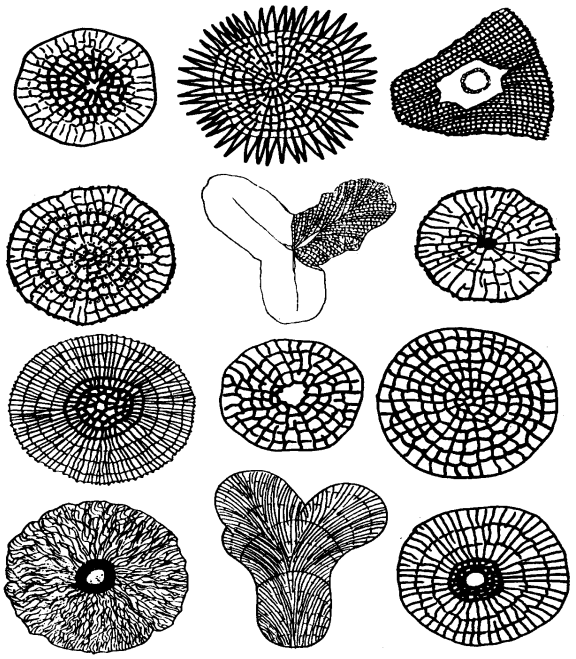


شكل (٢ - ١١) : خرائط توضح أماكن أخذ عينات الصخور الرسوبية لدراسة الفطريات الحفرية.
(عن Kalgutkar & Sigler. 1995) .

أ - جبل Amphitheotre بكندا .

ب - جبل ثلجي بجزيرة Axel Heiberg بكندا .

جـ - جبال وسط الهند .

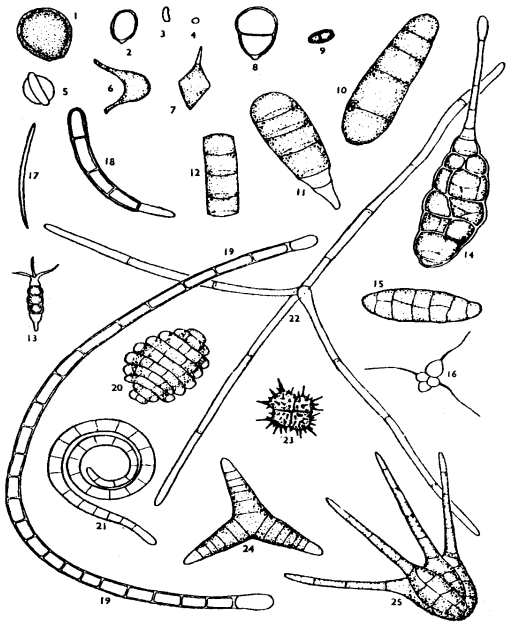


شكل (٢ - ١٢) : أمثلة لبعض النموات السطحية للفطريات الحقرية .
(عن Alexopoulos & Mims. 1979) .

١ ـ تقسيم الفطريات الحفرية الناقصة :

اعتمد بعض الباحثين على شكل النموات السطحية للفطريات الحفرية الناقصة فى تقسيمها ، وذلك تبعا لطريقة نمو هيفاتها ، وتكوين مستعمرات ميسليومية محددة الشكل ، وطبيعة نمو الثالوس الفطرى ، وتكوين الخلايا المغلظة ، وغير ذلك من صفات يمكن الرجوع إليها عند وصف مثل هذه النموات الفطرية (شكل ٢ – ١٢) .

وعلى أية حال ، فإنه يعتمد فى دراسة الحفريات الفطرية على فحص حفريات الجراثيم ؛ وذلك على أساس شكلها الخارجى ، ويرجع فى ذلك – عادة – إلى التقسيم البسيط الذى وضعه عالم النبات ساكاردو Pier Andrea Saccardo عام ١٨٩٩ ، بغرض تقسيم الفطريات إلى مجموعات تبعا لصفات الجراثيم الكونيدية (الكونيديات) ؛ وهو ما يطلق عليه اسم المجاميع الجرثومية Spore groups . ويتميز تقسيم ساكاردو بالبساطة ؛ حيث يمكن للباحثين الاعتماد عليه عند دراسة الفطريات الحفرية الناقصة . ويضم هذا التقسيم (شكل ٢ – ١٣) سبع مجموعات رئيسية موضحة فى الشكل التالى :



شكل (٢ - ١٣)

شكل (٢ – ١٣) المجاميع الجرثومية تبعا لتقسيم ساكاردو (١٨٩٩) .

(A) Amerosporae (1-celled)
1. *Acremoniella atra* (Corda) Sace.
2. *Botrytis cinerea* Pers. Ex Fr.
3. *Phyllosticta violae* Desm (pycindiospore).
4. *Penicillium cyclopium* West.
5. *Hirstuella* sp.
6. *Arthrinium cuspidatum* (Cook & Harkn.) Hohnel
7. *Beltrania indica* Subram

(B) Didymosporae (2-celled)
8. *Arthrobotrys oligospora* Fresen
9. *Bispora pusilla* Snce

(C) Phragmosporae (3 (or more)-celled)
10. *Helminthosporium* sp.
11. *Cephaliophora tropica* Thaxter.
12. *Sporoschisma mirabile* Berk & Br.
13. *Pestalotia macrochaeta* (Speg.) Guba.

(D) Dictyosporae (muriform)
14. *Alternaria macrospora* Zimm.
15. Pleospora herbarum (Pers. ex Fr) Rabenh. (ascospore)
16. *Entomosporium thuemenii* (Cooke) Sace

(E) Scolecosporae (filiform)
17. *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr. (ascospore)
18. *Phleospora crescentum* (Barth.) Riley
19. *Lindra inflata* Wilson (ascospore)

(F) Helicosporae (spirally coiled)
20. *Helicoon elliptricum* (Peck) Morgan
21. *Helicomyces roseus* Link ex Fr.

(G) Staurosporae (star-like in form)
22. *Tetrachaetium elegans* Ing.
23. *Spegazzinia tessarthra* (Berk. & Curt.) Sacc
24. *Triposporium elegans* Corda
25. *Tetraploa aristata* Berk & Br.

أ – مجموعة الأميروسبورات Amerosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات غير المقسمة (وحيدة الخليـــة) ذات الشكـــل الكروى أو البيضى ، وقد تكون هذه الكونيديات مســـتطيلة قصـــيرة أســـطوانية الشكل .

ب – مجموعة الديديموسبورات Didymosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات البيضية إلى البيضية المســـتطيلة ، المقســـمه بحاجز واحد (تتكون من خليتين) .

جـ – مجموعة الفراجموسبورات Phragmosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات البيضية المستطيلة المقسمة بحاجزين أو عـــدة حواجز (مقسمة بحواجز طولية وعرضية مكونة كونيديات عديدة الخلايا) .

د – مجموعة الديكتيوسبورات Dictyosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات البيضية إلى البيضية المستطيلة ذات التقسيم الشبكى بحواجز طولية وعرضية (عديدة الخلايا) .

هـ – مجموعة السكوليكوسبورات Scolecosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات شبه الخيطية إلى شبه الدودية ، سواء المقسمة أم غير المقسمة ، الشفافة أم ذات الألوان الباهتة .

و – مجموعة الهليكوسبورات Helicosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات الأسطوانية الحلزونية ، المقسمة أو غير المقسمة ، الشفافة أو الملونة .

ز – مجموعة الستاوروسبورات Staurosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات النجمية الشكل ، القطرية التفصيص ، المقسمة أو غير المقسمة ، الشفافة أو الملونة .

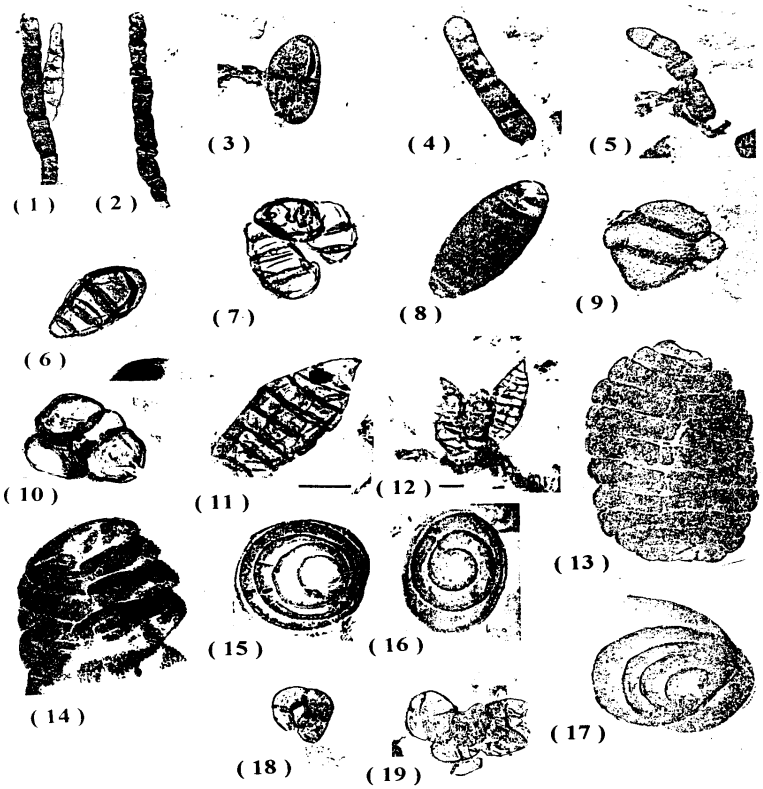
وواضح أن التقسيم السابق ، لا يزال صالحا للاعتماد عليه حتى الآن فى دراسة وتقسيم الفطريات الحفرية الناقصة إلى أشباه الأجناس form genera ومقارنتها بنظائرها من أشباه الأجناس المعاصرة ، كذلك يعتمد على صفات خارجية تتغير مع تغير ظروف البيئة المحيطة .

ومن المعتاد – عند فحص عينات الصخور الرسوبية – وجود حفريات نباتية بها ؛ مثل حبوب لقاح نباتات معراة أو مغطاة البذور ، والتى تعطى فكرة عن الغطاء النباتى المصاحب لهذه الفطريات الحفرية . ويتم تجهيز العينات للفحص الميكروسكوبى باستعمال محلول شولتز المخفف diluted Schultz`s solution .

ويتبع عادة استعمال الميكروسكوب الضوئى العادى المزود بكاميرا مثبتة فيه للفحص والتصوير . كما يحتفظ بالشرائح المجهزة المحتوية على عينات من كونيديات الفطريات الحفرية لمزيد من الدراسات المستقبلية .

ومن ناحية أخرى اتبعت طريقة علمية لتسمية الفطريات الحفرية البائدة ؛ وذلك

باستعمال الاسم العلمى لشبه الجنس المعاصر ؛ الذى تتشابـــه كونيدياتـــه مـــع شكـــل كونيديات الفطر البائد بعد تعديل اسم شبه الجنس المعاصر بحذف الحرف الأخير ، ثم إضافة مقطع ites – فى نهاية الاسم . ولقد وصل عدد أسماء أشباه أجناس الفطريـــات الحفرية المسماة بهذه الطريقة إلى حوالى ١٥٠ شبه جنس .



شكل (٢ - ١٤)

شكل (٢ – ١٤) : كونيديات بعض الفطريات الحفرية البائدة .

(1 , 2) : *Ampulliferinites axelheibergi* .
(3) : *Dicellaesporites delitschiapites*
(4 , 5) : *Diporicellaesporites icebergi* .
(6 , 7) : *Brachysporites endophragmia* .
(8) : *Pluricellaesporites excipularis* .
(9) : *Uberispora type A.*
(10) : *Uberispora type B.*
(11 , 12) : *Piriurella alternariatai*
(13 , 14) : *Helicoonites goosii*
(15 , 17) : *Helicosporiates piroznskii*
(18 , 19) : *Paleoslimacomyce conadensis*

٢ ـ وصف لبعض الفطريات الحفرية الناقصة :

أ – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الأميروسبورات Amerosporae : Spore group :

شبه الجنس *Xylohyphites* Kalgutkar&Sigler . ويشتق اسم هذا الفطر الحفرى البائد من اسم شبه الجنس المعاصر *Xylohypha* (Fr.) Masson (1960) ؛ وهو من الفطريات الناقصة الهيفية .

ومن أهم أنواع هذه الفطر الحفرى ، الفطر *Xylohyphites verrucosa* الذى يتميز بكونيدياته المتكونة فى سلاسل ذات تعاقب قمى من أسفل إلى أعلى ، وهى كونيديات بسيطة أسطوانية الشكل أو أهليلجية ، ذات لون بنى فاتح (شكل ٢ – ١٥) .

شكل (٢ – ١٥) : الفطر الحفرى *Xylohyphites verrucosa* .

ويتميز الجدار الخارجى للكونيديات بوجود تأليل واضحة تظهر عند الفحص الميكروسكوبى ، لهذا يشتق اسم النوع من هذه الصفة (verrucose nature) ، كما أن الكونيديات مستدقة عند أطرافها ، غير مقسمة أو مقسمة بجدار واحد . ويمكن تمييز وجود ندبة (سرة) على الكونيدة .

ويدل تجمع كونيديات هذا الشبه جنس فى سلاسل على أنه تطور من الكونيديات المفصلية arthroconidial type of development ، كما أن وجود التكاثر ذى الشكل البرعمى الوحيد له علاقة بالفطريات الداكنة ذات الكونيديات البرعمية dematiaceous blastoconidial fungi .

ومن أشباه الأجناس الفطرية المعاصرة والتى يتكون فيها سلاسل مفصلية للكونيديات الداكنة اللون Masson (Fr.) *Xylohypha* ، و Corda *Bispora* ، و *Septonema* Corda ، وجميعها تتبع الفطريات الناقصة الهيفية Hyphomycetes .

ولقد لوحظ أن شبه الجنس *Xylohypha* يختلف عن شبه الجنسين الأخرين ؛ وذلك لأن كونيدياته وحيدة الخلية ، تتبرعم إلى خلايا مختلفة فى الطول وفى طبيعة التقسيم، وذلك عند إنمائها على بيئة الأجار فى المعمل . ويعتبر الفرق الجوهرى بين شبه الجنس البائد *Xylohyphites* ونظيره المعاصر *Xylohypha* أن الأول ذو كونيديات مغطاة بتأليل ، بينما كونيديات الثانى ملساء .

وتوضح دراسة الرواسب الحفرية للفطر البائد *Xylohyphites verrucosa* وجوده فى صورة سلاسل من الكونيديات المثاللة السطح على حفريات ثمرية لبعض النباتات القديمة ، وذلك بصورة مترممة . وربما يدل ذلك على احتمال وجود علاقة بين هذا الفطر الحفرى وشبه الجنس المعاصر *Cladosporium* المنتشر على أسطح الأوراق والثمار لكثير من النباتات الحولية والأشجار المعمرة .

إلا أن الفحص الميكروسكوبى أوضح وجود اختلافات بين طبيعة وشكل كونيديات الفطرين ؛ ففى الوقت الذى تحمل فيه كونيديات شبه الجنس المعاصر *Cladosporium* فى سلاسل متفرعة ، وتظهر على كونيدياته ندب انفصال واضحة ، لا يشاهد ذلك على كونيديات الفطر البائد *Xylohyphites verrucosa* .

وتشبه كونيديات الفطر البائد *X. verrucosa* (٩ – ١٦ x ٢,٥ – ٥,٥ ميكرون) كونيديات الفطر المعاصر *Xylohypha nigrescens* ، (١٠ – ١٣,٧ x ٣,٥ – ٥

ميكرونا) فى الحجم والشكل ، ولكن الاختلاف الجوهرى بينهما يرجع إلى طبيعة سطح الكونيديات ؛ حيث تظهر الثآليل على جدار كونيديات الفطر البائد ، بينما يبدو سطح الفطر المعاصر أملسا .

ب - الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الديديموسبورات Didymosporae : Spore group :

1 - Form Genus ***Ampulliferinites*** **Kalgutkar & Sigler. : شبه الجنس**

يشتق اسم هذا الفطر الحفرى البائد من اسم شبه الجنس المعاصر *Ampulliferina* Sutton (1969) الذى يتبع الفطريات الهيفية Hyphomycetes ؛ حيث يتميز هذا الفطر بالكونيديات الثنائية الخلايا المتكونة فى سلاسل ناتجةٍ عن تبرعم هذه الكونيديات المفصلية ، كما أن الكونيديات لها جدار سميك ، ولونها بنى داكن .

ومن أهم أنواع هذا الفطر الحفرى : الفطر *Ampulliferinites axelheibergi* Kalgutkar & Sigler ، ويتميز هذا الفطر شكل (٢ - ١٤ - ١ ، ٢) بوجود حوامل كونيديةٍ طويلةٍ أو قصيرةٍ يتراوح طولها بين ٧٩ ميكرونا و ٢٤٠ ميكرونا ، وتحمل كونيدياتٍ فى سلاسل . والهيفات مقسمةٍ بجدرٍ رقيقةٍ أو سميكةٍ ، والكونيديات مفصلية مقسمة بجدارٍ سميكٍ داكن اللون (مكونة من خليتين didymosporous) . وقد يوجد انقباض بسيط عند الجدار الفاصل . والكونيدة ذات سطح أملس ، لونها بنى ، أسطوانية الشكل ، ذات أطراف عريضة . بينما يلاحظ أن الكونيدة الطرفية ذات قمةٍ مستديرةٍ. وأبعاد الكونيديات ١٦ - ٢٢ x ٧ - ١١ ميكرونا .

وعند مقارنة شبه الجنس البائد *Ampulliferinites* بشبه الجنس المعاصر المناظر له *Ampulliferina* نلاحظ تشابههما فى وجود خليةٍ قاعديةٍ للحامل الكوندى ذات ندبة انفصال ، بينما يختلف شبه الجنس البائد مع شبه الجنس المعاصر *Bispora* بأن الأخير يكوّن كونيدياتٍ من خليتين مرتبة فى سلاسل ، وتتميز هذه الكونيديات بوجود انقباضٍ شديدٍ عند جدر التبرعم ذات اللون البنى الداكن .

ومن ناحيةٍ أخرى أوضحت الأبحاث وجود تشابهٍ بين الفطر البائد *Ampulliferinites exelbeibergi* والفطر البائد *Alternoseptites elongatus* Rouse (1962) فى وجود انبعاج فى الجدار الخلوى للحامل الكونيدى يتبادل مع جدار عادىّ،

بينما يختلف الفطر الأخير فى عدم سمك الجدر الخلوية ، وعـــدم تكويـــن الكونيديـــات المفصلية .

شبه الجنس **2 - Form Genus : *Dicellaesporites***
Elsik, 1968 emend Sheffy & Dilcher, 1971 ونـــوعه النمـــوذجـــى
. *Dicellaseporites delitschiapites* Kalgutkar & Sigler

حيث يشتق اسم النوع من شبه الجنس المعاصر (1866) *Delitschia* Auersw وهو يتبع شبه رتبة Dothideales .

ويوضح شكل (٢ - ١٤ - ٣) صفات الفطر الحفرى ؛ حيث تأخذ الكونيديـــات شكل القطع الناقص ، إلا أنه ذو أطرافٍ مستديرةٍ . وتتكون الكونيديات من خليتيـــن ؛ حيث لا يشاهد انقباض عند الجدار الفاصل ؛ ويقسم الجدار الخلوى الكونيدة إلى خليتين متساويتين . الكونيديات بنية اللون ، لها ثقب إنبات جانبىّ ، عريضة قليلا ؛ حيث يبلغ عرضها حوالى ٣/٢ طولها . جدار الكونيدة أملـــس ومحاط بطبقةٍ شفافـــةٍ . أبعـــاد الكونيدة ٢٥ - ٢٨ X ١١ - ١٣ ميكرونا .

وتتشابه كونيديات هذا الفطر الحفرى الناقص *Dicellaesporites delitschiapites* بالجراثيم الأسكية للفطريات المعاصرة التابعة لمجموعة Laculoascomycetous ، مثل الجنس *Delitschia* ؛ وذلك من ناحية وجود الأخاديد على سطح الجراثيم ، حيث تظهر مشابهة لثقوب الإنبات ، بينما تختلف جراثيم الجنس *Delitschia* عن الفطر الحفـــرى السابـــق ؛ حيث تحاط الجـــراثيم الأسكيـــة بغلافٍ جيلاتينىّ واضح .

ومن المحتمل ان تكـــون جـــراثيم الفطر الحفرى قد فقـــدت هذا الغلاف الجيلاتينى خلال عملية التحفير أو عند تجهيز العينات للفحص الميكروسكوبى . وربما لا يشـــاهد هـــذا الغلاف الجيلاتينى فى الفطـــر الحفـــرى *Dicellaesporites delitschiapites* . على الرغم من ملاحـــظة وجود غلافٍ رقيق شفافٍ حول كونيدياتـــه ؛ وذلـــك عنـــد الفحص الميكروسكوبى باستعمال قـــوةٍ تكبير عاليـــةٍ ، ولكن تبقى الطبيعة الجلاتينيـــة لهذا الغلاف محل تساؤل .

شبه الجنس : **3 - Form Genus : *Diporicellaesporites* Elsik, 1968.**
ونوعه النموذجى هـــو *Diporicellaesporites icebergi* Kalgutkar & Sigler ،

ويشتق اسم النوع من تكوين خليج الجبل الثلجى Iceberg Bay Formation at Kanguk-Peninsula .

ويوضح شكل (٢ – ١٤ – ٤ ، ٥) صفات الفطر الحفرى السابق ؛ حيث تشاهد لكونيديات ذات شكل أسطوانى ، بنية اللون ، ملساء إلى متثاللة بدرجة بسيطة ، ذات ثقبى إنبات ، مقسمة بجدار عرضى واحد إلى ثلاثة جدر ، والجدار العرضى أسمك من جدار الكونيدة الخارجى (حوالى ٢ ميكرون) . لون الجدار بنى داكن ، مع وجود ثقوب ضيقة فى مركز الجدر الخلوية العرضية . ويمتد تغليظ الجدار الخلوى العرضى جانبيا بدرجة قليلة على طول الجدار الخارجى للكونيدة من الداخل على الجانبين .

الثقوب أو مناطق التلامس بين الكونيديات على كلتا النهايتين داكنة اللون ومحدبة قليلا . الكونيديات الناضجة أبعادها ٢٤ – ٢٧ x ٥ – ٧ ميكرونا .

وعند مقارنة الفطر الحفرى *Diporicellaesporites icebergi* بأشباه أجناس الفطريات المعاصرة المناظرة – مثل *Diplococcium* Grove (1885) أو *Bispora* (شكل ٢ – ١٤ – ٤ ، ٥) – نلاحظ أن الفطر الحفرى يكون كونيديات ثنائية الخلايا . ويتميز الجدار العرضى بأنه عريض ولونه داكن ، بينما تتكون كونيديات الفطرين المعاصرين : *Bispora betulina* و *Diplococcium spicatum* فى سلاسل ، كما تبدو الكونيديات كروية الشكل .

ومن ناحية أخرى يتميز الفطر الحفرى السابق بأن الجدار العرضى– الذى يفصل خليتى الكونيدة – ذو ثقوب تتشابه مع تلك الموجودة فى الفطر المعاصر *D. spicatum* . كما تدل الدراسات على عدم وجود دليل على تكوين كونيديات مفصلية فى هذا الفطر الحفرى تحت الدراسة .

هـ – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الفراجموسبورات Spore group : Phragmosporae

شبه الجنس : 1 - Form Genus : *Brachysporisporites*

R. T. Lange & P. H. Sm. (1971) . ومن أنواعة المميزة الفطر : *Brachysporisporites endophragmia* Kalgutkar & Sigler .

تتشابه كونيديات هذا الفطر بكونيديات الجنس المعاصر *Endophragmia* ذات النهايات

الخرطومية والجدر الداخلية السميكة ؛ لذلك يشتق اسم النوع للفطر الحفرى من اسم جنس الفطر المعاصر .

وتتميز كونيديات الفطر الحفرى بالبساطة ، وشكلها البيضى المقلوب إلى الصولجانى ، ولونها البنى ، وجدارها الخارجى الأملس (شكل ٢ - ١٤ - ٦ ، ٧) . كما تتقسم الكونيدة بجدر عرضية (من ٢ - ٤) ، حيث تبدو الخلايا المركزية داكنة اللون ، بينما الخلايا الطرفية تكون - عادةً - شفافة إلى نصف شفافةٍ . الجدر الداخلية داكنة اللون ، ذات جدار سميكٍ ، وخاصة عند اتصالها بالجدار الداخلى . الخلية القاعدية ذات نتوءٍ (نتوء قاعدى) .

ويتراوح طول الكونيدة بين ٢٧ ميكرونا و ٣٤ ميكرونا ، بينما عرضها عند المنطقة العريضة بين ١٢ ميكرونا و ١٩ ميكرونا ، أما عند القاعدة الخرطومية ، فيتراوح عرضها بين ٥ ميكرونات و ٦ ميكرونات .

ولقد عدل Hughes (1979) شبه الجنس المعاصر *Endophragmia* بعد نقل عديد من الأنواع التابعة له إلى أجناسٍ أخرى معاصرةٍ ؛ مثل الجنس *Endophragmiella* . وتميز النهاية شبة الخرطومية وغياب النتوء القاعدى كونيديا الفطر الحفرى *Brachysporites endophragmia* عن كونيديات شبه الجنس المعاصر *Endophragmiella* . وقد وجدت كونيديات هذا الفطر الحفرى فى خليج جبل الثلج Iceberg Bay formation .

شبه الجنس : 2 - Form Genus *Pluricellaesporites*

Hammen, 1954 emend Elsik Janson, 1974. ومن أنواعه المميزة الفطر *Pluricellaesporites excipularis* Kalgutkar & Sigler .

وتتشابه كونيديات هذا الفطر الحفرى مع كونيديات الجنس المعاصر *Excipularia*؛ وذلك من ناحية الشكل الخارجى والتقسيم الداخلى واللون الباهت الشفاف للخلايا القاعدية والطرفية ، ولذلك اشتق اسم نوع الفطر الحفرى من اسم هذا الجنس المعاصر.

وتتميز كونيديات ذلك الفطر الحفرى (شكل ٢ - ١٤ - ٨) بأنها فردية ، مقسمة بحواجز متعددة ، ذات لونٍ بنىٍّ داكنٍ ، فيما عدا الخلايا القمية والقاعدية ؛ حيث تكون شفافة نسبيًا أو ذات لونٍ بنىٍّ باهتٍ .

الكونيديات مغزلية الشكل ، مقسمة بجدر عرضية (تتراوح بين ٥ – ٦ جـــدر) . الجدار الخارجى أملس ، بينما الجدر الداخلية ذات لون بنى داكن وســـميكة (٤ – ٥ ميكرونات) . وتتصل الكونيديات بعضها ببعض بجدر عريضه ، والخليـــة القاعديـــة ليست ذات نتوء قاعدى . أبعاد الكونيدة ٤٦ – ٤٨ ميكرونا x ١٨,٥ ميكرونا .

د – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الستاوروسبورات Spore Goup : Staurosporae

تقسم هذه المجموعة من الفطريات الحفرية إلـــى مجموعتيـــن تبعـــا لصفـــات كونيدياتها :

المجموعة الأولى :

تتميز كونيديات هذه المجموعة بأنها معقدة التركيب ، فردية ، ذات لون بنى فاتح إلى شبه شفافة . تتكون الكونيدة من عدة خلايا ، تتراص فى ثلاثـــة صفـــوف طوليـــة وصفين عرضيين أو أكثر . الكونيدة قطرية التفصيص ؛ حيث تتكون الخلايا الطرفيـــة فى نصف دائـــرة ، بينما تكون الخلية القاعدية مثلثـــة الشكـــل ، والخليـــة المركزيـــة مستطيلة (شكل ٢ – ١٤ – ٩) .

الكونيدة ذات جدار رقيق شبه شفاف ، يتميز بوجود خلايا جانبية حلميـــة الشكـــل . الجدر الخلوية الداخلية رقيقة داكنة اللون . والسطح الخارجى للكونيدة خشـــن . أبعـــاد الكونيدة ١٨ ميكرونا x ٣٠ ميكرونا .

المجموعة الثانية :

تتشابه كونيديات هذه المجموعة مع كونيديات المجموعة السابقة فى فرديتها وتعقـــد تركيبها ، إلا أنـــها ذات لون بنى . كما تتراص الخلايا فى ثلاثـــة صفـــوف طوليـــة وصف واحد عرضى أو أكثر . الجدار الخارجى للكونيدة أملـــس . الخلايـــا القمية والقاعدية مستديرة ، بينما الخلايـــا الوسطية منضغطـــة مســـتطيلة الشكـــل . الخلايـــا الجانبية تشبه تلك الموجـــودة فى المحور الرئيسى ، ليست ذات حليمـــات ، والجـــدر سميكة نوعا. الخلية القاعدية ذات نتوء قاعدى . الجدر الداخلية سميكة وداكنة اللون . أبعـــاد الكونيدة ١٨ ميكرونا x ٣١ ميكرونا .

ولقد وجدت كونيديات المجموعتين السابقتين من الفطريات الحفرية فى منطقة تكوين

خليج الثلج Iceberg Bay formation ؛ حيث تعتبر هذه الكونيديات حفريات مميزة لهذه المنطقة الجيولوجية .

وعند مقارنة المجموعتين السابقتين من الكونيديات ، نلاحظ أن المجموعة الأولى ذات كونيديات خشنة السطح ذات حليمات ، وخلاياها الجانبية رقيقة الجدر ، بينما النوع الثانى ذو كونيديات ملساء ، وخلاياها الجانبية أكبر حجما ، وجدرها أكثر سمكا ، ولا يشاهد عليها حليمات .

وتتشابه كونيديات هذه الفطريات الحفرية البائدة مع كونيديات الفطر المعاصر *Ulberispora simplex* (Ichinoe) Piroz & Hodges فى تكوين الأفرع الجانبية . ويتميز هذا الجنس المعاصر بالكونيديات ذات الخلايا المركزية المثلثة الشكل ذات الجدر السميكة ، واللون البنى الداكن ، بينما تكون الخلية القمية والخلايا القاعدية الثلاث شفافة اللون ورقيقة الجدر .

هـ – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الديكتيوسبورات Spore Group : Dictyosporae

النوع النموذجى *Piriurella alternariata* Kalgutkar & Sigler sp-nov. ، يشتق اسم النوع من الجنس المعاصر *Alternaria* Nees, (1817) . ولقد شوهدت كونيديات هذا الفطر الحفرى فى تكوين خليج جبل الثلج Iceberg Bay formation .

وتتميز كونيديات الفطر الحفرى بأنها تكون فردية أو فى مجموعات ، والكونيدة عديدة الخلايا ، شوكية ، ذات شكل بيضى أو صولجانى مقلوب ، لها منقار ، ملساء، ذات ندبة أو بدون ندبة ، ولون الجراثيم بنى إلى بنى فاتح .

والكونيديات ذات منقار قصير مقوس ، مقسمة بعديد من الجدر الطولية والمستعرضة، إلا أن الجدر العرضية أكثر سمكا وعددا من الجدر الطولية . المنقار الطرفى طوله حوالى ٩ – ١١ ميكرونا ، يتميز بوجود طرف داكن ، قد يكون ندبة انفصال فى سلسلة تتابع الكونيديات . أبعاد الكونيدة : طولها ٤٢ – ٧٤ ميكرونا ، وأقصى عرض لها ١٨ – ٢٧ ميكرونا .

ولقد وجد الباحثان Cookson & Eisenback عام ١٩٧٩ عينات من كونيديات الفطر الحفرى *Piriurella elongata* مطمورة فى طبقة رسوبية فى حوض Eucla

بأستراليا ترجع إلى العصر الطباشيرى التابع لحقب الحياة الوسطى منذ حوالـــى ١٠٠ مليون سنة ، وتم نشر ذلك بعنوان " بعض طحالب الرواسب الطباشيرية فى أستراليا ". كما درس الباحثان Smith & Chatoner عام ١٩٧٩ الفروق التركيبية بين شبه جنـــس الفطر الحفرى *Piriurella* و الفطر الحفرى *Korshikoviella schaefernai* ؛ الـــذى كان يسمى قبل ذلك *Lambertia schaefernai* ، حيث أن الأخير طحلب معاصر .

ولقد وجد الباحثان السابقان أن شبه جنس الفطر الحفرى *Piriurella* ينـــاظر شبـــه الجنس المعاصر *Alternaria* . وسجل بعد ذلك Elsik هذا التنـــاظر بيـــن الفطريـــن الحفرى و المعاصر عام ١٩٩٢ .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن كونيديات الفطر الحفرى *Piriurella elongata* لها من الصفات الأساسية ما يجعلها مميزةً عن كونيديات جنس الفطر المعاصر *Alternaria* ؛ مثال ذلك سمك قاعدة الكونيدة ، ووجود الجدر الطولية و المستعرضة ، ووجود المنقـــار القصير الأسطوانى ، بالإضافة إلى وجود القمة السميكة الداكنة اللون أو عدم وجودها . وسوف تؤدى زيادة دراسة كونيديات الفطر الحفرى السابق إلى إمكانية التعرف علـــى مدى قرابته لشبه جنس الفطر المعاصر *Alternaria* .

ومن الجدير بالذكر أنه من الصعب تقسيم شبه الجنس المعاصر *Alternaria* إلـــى أنواعه المختلفة (Barron, 1983) ؛ وذلك راجع إلى التنوع والاختلاف فـــى شكـــل وحجم وتقسيم الكونيديات داخل النوع الواحد خلال مراحـــل تكوينها ؛ وبالتـــالى فـــإن إيجاد علاقة قرابة بين هذا الفطر المعاصر والفطر الحفرى السابق من الصعوبة بمكان (Simmons & Roberts, 1993) . وقد يكون من السهل – فى بعـــض الحـــالات – مقارنة الكونيديات الفردية الناضجة ذات الصفات الواضحة (مثل وجود المنقار) فـــى كلٍّ من الفطرين الحفرى والمعاصر .

وفى دراسةٍ أخرى وصف الباحثان (Trevedi & Verma (1970 الفطر الحفـــرى *Alternaria malayensis* ؛ الذى وجد فى الملايو فى حفرياتٍ ترجـــع إلـــى العصـــر الأيوسينى Eocene (فجر الحياة الحديثة) التابع للنظام الثالث فى حقب الحياة الحديثة منذ حوالى ٤٠ مليون سنة مضت ؛ حيث وضح الباحثان العلاقة القوية بين هذا الفطـــر وشبه الجنس المعاصر *Alternaria* ؛ لدرجة استخدام اسم شبه الجنس المعاصر لتسمية شبه الجنس الحفرى .

وهناك أشباه أجناس حفرية أخرى تتشابه كونيدياتها مع شبه جنس الفطر المعاصر *Alternaia* مثال ذلك شبه الجنس الحفرى *Staphlosporonites* (Takahashi, 1991)، وشبه الجنس *Transeptaesporites* (Ediger, 1981) ، بالإضافة إلى الفطر الحفرى الذى سبقت دراسته من شبه الجنس *Pirnurella* .

و – الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الميليكوسبورات Spore Group : Helicosporae

تتميز هذه المجموعة من الفطريات الحفرية بالكونيديات الأسطوانية الحلزونية المقسمة – التى شوهدت فى العينات المأخوذة من ساحل جزيرة Heiberg – بسهولة التعرف عليها. وتتبع فطريات هذه المجموعة الفطريات الهيفية البرمائية . وتتكون الكونيديات – فى مثل هذه الفطريات – على المواد غير المغمورة فى الماء ، بينما لا تتكون عند غمر هذه المواد فى الماء . والكونيديات حلزونية الشكل .

وتنمو فطريات هذه المجموعة فى مجال واسع الانتشار فى الطبيعة ؛ مثل أوراق الأشجار المتحللة فى التربة الرطبة القليلة التهوية ، وأيضا على الخشب المدفون فى التربة .

وفى دراسة مكثفة على الفطريات ذات الكونيديات الحلزونية ، اعتمد الباحث Goos (1987) على وجود التركيب الحلزونى للكونيديات فى التعرف عليها ، ولقد قسمت الأجناس الفطرية المكونة للكونيديات الحلزونية على أساس شكلها الخارجى ، وتطور الحوامل الكونيدية ، وطبيعة نمو الميسليوم . إلا أن وجود التراكيب الفطرية السابقة على المواد العضوية – التى كان ينمو عليها فى ذلك الوقت السحيق – والتغيرات التى تحدث على هذه التراكيب الفطرية خلال عملية الترسيب وتكوين الحفرية يجعل من الصعب التعرف على هذه التراكيب الفطرية المختلفة ، بينما تظهر الكونيديات – فقط – خلال فحص ذلك الفطر الحفرى .

ولقد وصف كثير من الباحثين أشكالا مختلفة للفطريات الحفرية ذات الكونيديات الحلزونية ، والتى تتشابه مع كونيديات عديد من الفطريات المعاصرة ، مثل أشباه الأجناس *Helicon* Morgan ، و *Helicodendron* Peyronal ، و *Helicosporium* Nees ، و *Slimacomyces* Minter .

وفى دراسات حديثة أوضح بعض الباحثين العلاقة بين شكل الكونيديات

الحلزونية للفطريات الحفرية التابعة لهذه المجموعة وفطريات أخرى معاصرة . كما وصفت أشباه أجناس لفطريات حفرية أخرى ذات كونيديات حلزونية مشابهة لأشباه الأجناس المعاصرة السابقة ؛ مثل شبه الجنس الحفرى *Involutisporonites* R. T. Clarke (1965) emend Elsik (1968) ، وشبه الجنس الحفرى *Colligerites* K. P. Jain & R. K. Kar (1979) ، وشبه الجنس الحفرى *Helicominites* Barling & Paradkar (1979) .

ومن ناحية أخرى أوضح Elsik (1992) و Kalgutka (1993) تنوع كونيديات الفطريات الحفرية ذات المحور الحلزونى الذى يكون لولبا بسيطا أو حلزونا ذا شكل مخروطى خلال العصور الجيولوجية القديمة . ومثل هذه الفطريات الحفرية لها ما يناظر كونيدياتها من فطريات أخرى معاصرة ؛ تنمو تحت ظروف بيئة معينة ؛ وعلى مواد عضوية أو عوائل خاصة . وقد يكون ذلك مناظرا للبيئة القديمة التى كانت تنمو عليها هذه الفطريات الحفرية البائدة .

وفيما يلى وصفا لبعض أشباه الأجناس الحفرية التابعة لهذه المجموعة :

شبه الجنس 1 - Form Genus *Helicoonites* Kalgutkar & Sigler

ويتبعة الفطر الحفرى *Helicoonites goosii* .

ويشتق اسم هذا الفطر الحفرى من اسم شبه الجنس المعاصر *Helicoon* ، بينما يشتق اسم النوع من اسم الباحث Dr. R. D. Goos ؛ تقديرا لأبحاثه فى مجال الفطريات الحفرية واكتشافه هذا الفطر فى خليج الجبل الثلجى Iceberg Bay formation .

ويتميز الفطر الحفرى بتكوين كونيديات بسيطة ، شديدة الالتفاف ، ذات حلزون ثلاثى المستويات ؛ لتكون شكل مجسم القطع الناقص ، أو تكون شكلا أسطوانيا حلزونيا ، ويتكون الحلزون عادة من عدة لفات . كما تتميز الحوامل الكونيدية بأنها عديدة الخلايا داكنة اللون (شكل ٢ - ١٤ - ١٣ ، ١٤) . والكونيديات ملساء ، أبعادها ٥٠ - ٧٥ x ٣٧ - ٤٥ ميكرونا .

ونظرا للشكل المميز لهذه الكونيديات ، فإنه من السهل تمييزها فى رواسب

الحفرية الفطرية ؛ نظرا لهيكلها الحلزونى الملتف ، والذى يكون مجموعة متميزة من الفطريات الحفرية ؛ يطلق عليها اسم *Helicoon-Helicodendron*-type ؛ حيث يتبعها الجنسان الحفريان *Helicodendron* و *Helicoonites* ، وتتشابه بعض أنواعها لدرجة يصعب معها فصلها عن بعضها عند الفحص الميكروسكوبى .

وتعتبر الصفة الأساسية التى يعتمد عليها فى فصل كونيديات شبه الجنسين الحفريين السابقين عن بعض هى طريقة تكوين هذه الكونيديات . فمثلا نلاحظ فى شبه الجنس *Helicodendron* أن كونيدياته تكون متجمعة فى سلاسل أو كتل متشابكة فى الحفرية الفطرية ، بينما كونيديات شبه الجنس *Helicoonites* تكون مفردة . وتتشابه كونيديات شبه الجنسين السابقين فى طبيعة تكوين الكونيديات ؛ فقد تتكون قميا acrogenous ، أو قميا وجانبيا acropleurogenous ، أو فى شكل حلزونى ملتف daliiform (شكل ٢ – ١٦) .

وليس من المألوف وجود كونيديات الفطريات الحفرية السابقة مع الهيفات الفطرية خلال الترسيب ، وأيضا نادرا ما تشاهد هذه الكونيديات على حواملها الكونيدية ؛ إذ إنها تكون – عادة – مبعثرة ؛ وعلى ذلك فإنه من الصعب على الباحثين التفريق بين كونيديات شبه الجنس *Helicodendron* وكونيديات شبه الجنس المناظر *Helicoon* .

ومن ناحية أخرى ، يتميز شبه الجنس الحفرى *Helicoonites* عن غيره من أشباه أجناس الفطريات الحفرية الأخرى (مثل : *Involutisporonites* ، *Colligerites* ، و *Helicominites* ، و *Helicosporiates* ، و *Paleoslimacomyces*) بالحوامل الكونيدية الملتفة بطريقة حلزونية فى لولب مجسم يشبه شكل القطع الناقص ؛ حيث يأخذ فى النهاية شكلا يشبه خلية النحل .

وجميع أشباه الأجناس السابقة تكون كونيديات فى مستوى فراغى واحد (مسطحة) ، ولكن فى سلسلة ملتفة على نفسها ، ما عدا فى شبه الجنس *Helicominites* ؛ فإنه يكون سلاسل كونيدية ملتفة على نفسها ؛ مكونة مجسما فراغيا ثلاثى الأبعاد .

وفى عينات مأخوذة من مناطق أثرية بالقرب من مدينة نورفولك Norfolk بانجلترا، أوضح الفحص الميكروسكوبى وجود كونيديات مشابهة للفطر المعاصر *Helicoon richonis* ، إلا أن كونيديات الفطر الحفرى كانت أكبر قليلا من النوع المعاصر ؛ وهذا يدل على تطور النوع المعاصر من أسلاف حفرية بائدة .

شبه الجنس : 2 - Form Genus *Helicosporiates* Kalgutkar & Sigler

ومن أهم أنواعه الفطر الحفرى *Helicosporiates pirozynskii* ؛ حيث يشتق اسم الجنس الحفرى من أسم شبه الجنس المعاصر *Helicosporium* ؛ بينما يشتق اسم النوع من اسم الباحث Dr. Kris A. Pirozynskii تقديرا لأبحاثه . ولقد شوهد هذا الفطر الحفرى فى خليج الجبل الثلجى Iceberg Bay formation .

وتتميز كونيديات هذا الفطر الحفرى ببساطة التركيب ، كما ان لونها بنى الى بنى باهت ، ملساء . والحوامل الكونيدية حلزونية ، بسيطة الالتفاف أو شديدة الالتفاف ، أسطوانية الشكل ، عديدة الخلايا ، الكونيديات ملتفة بطريقة لولبية فى مستوى واحد (شكل ٢ – ١٤ – ١٥ ، ١٦) . وقد تلتف فى شكل قوقعىّ مجسم (شكل ٢ – ١٤ – ١٧) ويتراوح قطر الكونيدة بين ٣٠ ميكرونا و ٤٠ ميكرونا .

وتتشابه كونيديات هذا الفطر الحفرى مع كونيديات شبه الجنس المعاصر *Helicosporium* إلى حدٍ بعيدٍ . وعند مقارنة صفات الفطر الأخير بغيره من الفطريات المشابهة (مثل شبه الجنس *Helicomyces* link) ، نلاحظ أن كونيديا الجنسين السابقين محمولة على حوامل كونيدية مقسمةٍ أسطوانية الشكل ، بنية اللون فى شبه الجنس *Helicosporium* وشفافة فى شبه الجنس *Helicomyces* .

ولقد أدت مقارنة صفات الكونيديات وحواملها الكونيدية للفطريات الحفرية البائدة بما يناظرها من أشباه الأجناس المعاصرة إلى وضع مفهوم حديث لنظرية تطور الكونيديات وطبيعة حملها على حواملها الكونيدية ؛ فمثلا تُحْمَل كونيديات شبه الجنس *Helicosporium* على حوامل كونيدية جيدة التكوين (شكل ٢ – ١٧) ، بحيث يسهل تمييزها عن الهيفات الفطرية وعن الكونيديات التى تحملها.

وتتميز هذه الحوامل الكونيدية بأنها طويلة ، أسطوانية الشكل ، بنية اللون ، مقسمة ، بسيطة أو متفرعة ، تحمل كونيدياتٍ داكنة أو فاتحة اللون ، حلزونية الشكل ، تتكون قميًّا مكونة سلاسل مستقيمة أو قميًّا وجانبيًّا مكونة سلاسل متفرعة .

أما فى شبه الجنس *Helicomyces* فإن الكونيديات تكون شفافة ، تلتف حول نفسها بشدةٍ ، وتتكون قميًّا مكونة سلاسل مستقيمة . تحمل هذه الكونيديات على حوامل كونيديةٍ قصيرةٍ ، بسيطةٍ ، شفافةٍ ، تظهر على جوانب الهيفات الفطرية .

ويختلف شبه الجنسين الحفريـــن *Helicosporiates* و *Involutisporonites* عـــن بعضهما فى وجود الالتفافات الحلزونية فى الحامل الكونيدى العديد الخلايـــا ، بينمـــا يتميز شبه الجنس الحفرى الأخير بالكونيديـــات ذات العـــدد المحـــدود مـــن اللفـــات الحلزونية والخلايا العريضة المغلظة .

ومن أشباه الأجناس الفطرية الحفرية الأخرى شبه الجنـــس *Colligerites* ؛ الـــذى تتكون كونيدياته من خلايا عديدة ملتفة بشدة ، تتكشف إلى منطقة مركزية تتكون مـــن خلايا صغيرة مستديرة ، ومنطقة خارجية تتكون من خلايا كبـــيرة مســـتطيلة . هـــذه الصفات الكونيدية تجعل من السهل تمييز شبه الجنس الحفرى السابق عن غـــيره مـــن أشباه أجناس الفطريـــات الحفريـــة الأخـــرى ؛ بمـــا فيـــها شبـــه الجنـــس الحفـــرى *Helicosporiates* .

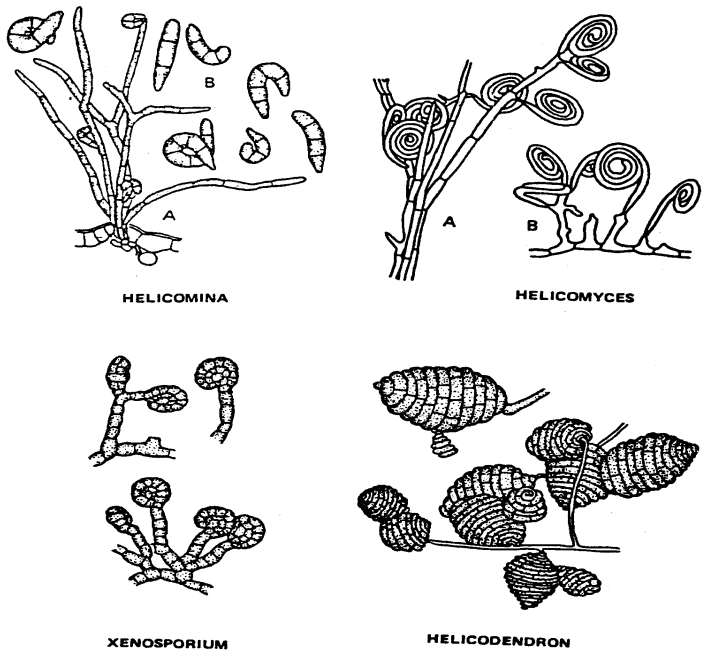
ومن ناحية أخرى ، فإن الكونيديات العديدة الخلايا ذات الجدر العرضية العديدة لشبه الجنس الحفرى *Helicominites* تتكون فى سلاسل ملتفة على نفسها فى شكل حلزونى مفتوح ؛ وهذا يميزها عن كونيديات شبه الجنس *Helicosporiates* .

3 - Form Genus : *Paleoslimacomyces* Kalgutka & Sigle :شبه الجنس

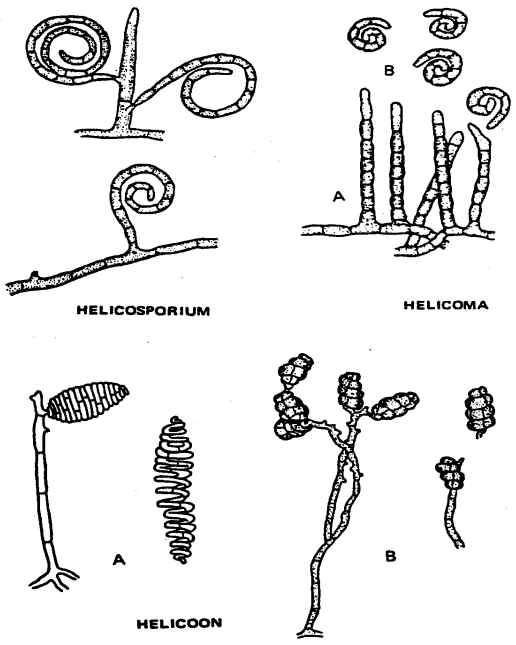
ومن أهم أنواعه الفطـــــر *Paleoslimacomyces canadensis* Kalgutkar & Sigler ، حيث تظهر كونيديات هذا الفطر الحفرى بعض التشابه مع كونيديات الفطـــر المعاصر *Slimacomyces monospora* . ويشـــتق اسم نوع الفطر الحفرى الســـابق من مكان اكتشافه (كندا) .

وتتميز كونيديات الفطر الحفرى *Paleoslimacomyces canadensis* بأنها بسيطة، فردية ، ملتفة حول نفسها ، منحنية تشبه شكل حدوة الحصان ، ملساء ، لونها بنى إلى بنى داكن ، مقسمة بجدر عرضية (من ٢ إلى ٣ جدر) ، كما أن الجدر الفاصلة داكنة اللون وعادة سميكة ولها ثقب مركزى . الخلية القمية شفافة أو بنية فاتحة ، بينما بقيـــة الخلايا ذات لون بنى داكن . تتميز الخلية القمية بأنها أسطوانية الشكـــل ، عريضـــة ، مستديرة ، بينما الخلايا المكونة لمحور الحلزون تكون منحنية ، والجدار الخارجى لـــها أكبر من الجدار الداخلى (شكلى ٢ - ١٤ - ١٨ ، ١٩) .

الحوامل الكونيديـــة قصيرة ، تتكون من ٣ - ٤ خلايا قصـــيرة منحنيـــة . ســـمك الحامل الكونيدى ٥ - ٦ ميكرونات ، بينما يبلغ قطر الكونيدة ١٣ - ١٦ ميكرونا .



شكل (٢ - ١٦) : الكونيديات ذات الشكل الحلقى وحواملها الكونيدية لبعض أشباه الأجناس المعاصرة ، والتى تتشابه مع بعض الفطريات الحفرية المكونة للكونيديات الحلقية والحلزونية .



شكل (٢ – ١٧) : الكونيديات ذات الشكل الحلقى وحواملها الكونيدية لبعض أشباه الأجناس المعاصرة ، والتى تتشابه مع بعض الفطريات الحفرية المكونة للكونيديات الحلقية والحلزونية .

وتتميز كونيديات هذا الفطر الحفرى عن غيرها من الكونيديات الحلزونية الموجودة فى الحفريات الفطرية الأخرى بأنها قصيرة بدرجة ملحوظة ومنحنية ، بحيث تكاد تلامس الحامل الكونيدى المحموله عليه .

كما تُظهر هذه الكونيديات بعض التشابه مع كونيديات بعض أشباه الأجناس المعاصرة ؛ مثل : *Helicoma* ، و *Helicomina* ، و *Trochophora* (شكلى ٢ - ١٦ ، ٢ - ١٧) ، وأيضا تتشابه الحوامل الكونيدية ذات الشكل الحلقى لأشباه الأجناس السابقة فيما بينها ، وإن كانت تبدو أكثر نحافة فى الفطر الحفرى *Paleoslimacomyces canadensis* .

سادساً - رجل الثلج البدائى وفطريات العصر الحجرى :

ومن العصر الجليدى Glacial ، ظهر لنا اكتشاف علمىّ باهر لجثة إنسان بدائىّ من العصر الحجرى ، وجدته بعثة علمية فى نهر تيروليا المتجمد Tyrolean glacier بوسط أوربا عام ١٩٩٠ .

ولقد تناقلت وكالات الأنباء هذا الاكتشاف الهام ، خاصة أن جثة هذا الرجل كانت مازالت بحالة جيدة ، متجمدةٍ فى منعطف قليل الغور بالنهر المتجمد ، حيث يعتقد أنها لرجل صياد رحالة ، قد يكون مات خلال سفره ، حيث كان يرتدى سترة جيدة الصنع من جلود الحيوانات ، تمت حياكتها بعناية .

ووجدت مع هذا الرجل البدائى مأونته داخل سلة مصنوعة من أغصان الأشجار المجدولة ، تحتوى على بعض أدوات الصيد ، وأهم ما فيها - بالنسبة لنا - هو مجموعتان من الأجسام الثمرية لفطريات عيش الغراب الرفية الثقبية ، ملفوفتان بعناية وحرص فى أحزمة جلدية معقودة داخل السلة ، ولقد أطلق على هذا الإنسان البدائى الرحالة لقب رجل الثلج glacier man .

ولقد تناول الباحثان Chapela & Lizon - من جامعة كورنيل Cornell بانجلترا - هذا الكشف العلمى فى مجلة Mycologist عام ١٩٩٣ تحت عنوان (فطريات العصر الحجرى) . وكان هذا الكشف أيضا محل اهتمام العلماء والباحثين المهتمين بدراسة أصل الجنس البشرى وتطوره .

وفى هذه الفترة كان مناخ الأرض قد أصبح أكثر برودة مما كان عليه ، وتساقطت الثلوج بكثرة ، وخاصة على قمم الجبال ، ثم تكونت طبقات هائلة من الثلج فوق الأرض، حتى أطلق على هذا العصر (عصر الثلاجات) . وعلى الرغم من ذلك ، كانت هناك مناطق فى أوروبا اهلة بالسكان ، عمل أهلها غالبا بالصيد ، وخاصة حيوانات الرنة ، وكانوا رحالة يتعقبون فرائسهم .

ويعتقد أن هذا الرجل الثلجى كان ينتمى إلى إحدى العشائر البدائية التى كانت موجودة فى وسط أوروبا . وكان فى رحلة عبر الجبال ، ويبدو أنه حمل معه كل ما يحتاج إليه خلال رحلته الأخيرة هذه ، ومنها ثمار عيش الغراب الرفية التقيبة .

ولقد رجح العلماء أن لفائف عيش الغراب السابقة كانت تمثل أهمية خاصة لهذا الرجل البدائى في رحلته . وحاول عديد من الباحثين معرفة الدور الذى يمكن أن تلعبه مثل هذه الثمار فى حياة رجل من العصر الحجرى ، فى بداية تاريخ الإنسانية على الأرض ، والذى لعبت الصدفة دورا هاما فى إزالة النقاب عنه .

ولقد عرفت بعض المجتمعات البدائية فى أوروبا التداوى بعيش الغراب ، وذكر أرسطو أن فطريات عيش الغراب الرفية استعملت كدواء مضاد للسعال ، وأثبت العلم الحديث ذلك ؛ بسبب احتوائها على مواد مضادة للبكتيريا ؛ مثل حمض الأجاريسيك agaricic acid الذى يوجد فى أحد الفطريات الرفية التقيبة ، والذى يطلق عليه اسم فطر عيش غراب اللاركس ذو التقوب (*Lariciformes officinalis*) Larch polypore . وينمو هذا الفطر على جذوع أحد الأشجار الصنوبرية ، هو شجر اللاركس ، الذى كان ينتشر فى هذا العصر بأوروبا ، ومازال موجودا حتى الآن .

وعلى ذلك فإن ثمار عيش الغراب – التى صاحبت رجل الثلج البدائى فى رحلته الأخيرة عبر الجبال – كانت فى الحقيقة دواء فى حقيبة الإسعافات الأولية (First - aid kit on a string) ، تعينه على تحمل آلامه خلال رحلته الطويلة .

وناقشت مجموعة أخرى من الباحثين ، احتمالات مختلفة تفسر سبب احتفاظ رجل الثلج البدائى لمجموعته من ثمار عيش الغراب ؛ حيث اقترحت أن يكون السبب فى ذلك يتعلق بالبيئة القديمة التى كان يعيش فيها هذا الإنسان الحجرى ، واحتياجاته اليومية التى لا نفطن إليها نحن فى بيئتنا الحديثة .

ولقد ذكر هؤلاء الباحثون أن بعض المجتمعات البشرية القديمة استعملت ثمارا لأنواع معينة من عيش الغراب الجافة ، التى تتميز بسرعة اشتعالها كمادة سريعة الاشتعال ؛ عند رغبتهم فى إيقاد النار لاستعمالها فى أغراضهم اليومية .

وقد ساعد على هذا الاعتقاد السابق ، وجود بعض الأدوات البدائية داخل سلة هذا الرجل البدائى ، قد تكون بغرض استعمالها فى إشعال النار ؛ مثل ساق خشبية صغيرة ، وقطعة من حجر البيريت ؛ وهو حجر يتكون من الكبريت والحديد .

ولقد استكمل هؤلاء الباحثون دراستهم ، وذلك بفحص محتويات السلة فحصا ميكروسكوبيًا . وكم كان مثيرا للدهشة اكتشاف بقايا كربونية لآثار فحم على قطعة الخشب وحجر البيريت ، وأيضا حول قطع ثمار عيش الغراب الجافة المتناثرة فى سلة الرجل البدائى .

هذه المشاهدات جعلت الاعتقاد باستعمال ثمار عيش الغراب السابقة كمادة قابلة للاشتعال أكثر منطقية من ذى قبل ؛ وبذلك قد تكون هذه المواد البدائية التى وجدت مع رجل الثلج هى أول قدّاحة معروفة من العصر الحجرى .

وتناول بعض الباحثين فى مجال دراسة سلوك الإنسان عبر التاريخ هذه النتائج الهامة بالمناقشة والتحليل ، حيث أيدوا الرأى السابق ، على أساس أن هذا الرجل الرحالة يحتاج خلال رحلته الطويلة – خاصة تحت الظروف المناخية الباردة السابق الإشارة إليها – إلى قبس من النار يستدفئ به ، ويؤنس وحدته فى رحلته الموحشة ، ويبعد عنه الحيوانات البرية الضارية خلال نومه ، أكثر من احتياجه إلى جرعة دواء تخفف من حدة السعال .

ثم ظهر رأى ثالث لمجموعة من الباحثين فى نفس المجال السابق ، حيث اعتقد هؤلاء الباحثون أن الشعوب البدائية القديمة كانت تنظر إلى عيش الغراب نظرة تقديس وتبجيل ، وقد يكون هذا الرجل البدائى قد زار أحد حكماء عشيرته ، وحمل منه بعض ثمار عيش الغراب التى اعتقد فى بركتها ، بعد أن لفها بعناية فى سيور من جلد الحيوان ، حتى تحفظ هذا الإنسان البدائى من مخاطر رحلته الطويلة . وبهذا قد تكون هذه اللفافة هى أول تعويذة معروفة فى تاريخ الإنسانية الطويل .

وعلى هذا ، فهناك ثلاثة احتمالات ، تفسر سبب احتفاظ رجل الثلج البدائى بهذه اللفائف من ثمار عيش الغراب خلال رحلته عبر الجبال ، وإن كان بعض العلماء والباحثين يميلون إلى التفسير الأول .

ولقد قام بعض الباحثين بمزيد من الدراسات حول هذا الموضوع ، فوجدوا أن عينات ثمار عيش الغراب التى وجدت فى سلة رجل الثلج تحتوى على عدة أنواع من ثمار عيش الغراب الرفية ، وليس نوعا واحدا ، وأن غالبية الثمار الموجودة تابعة للفطر *Piptoporubetulinus* الذى يحتوى على مواد فعالة طبيًا ضد السعال ، بينما لا يمكن استعمالها كمادة سريعة الاشتعال لإيقاد النار .

وهناك فطريات عيش غراب أخرى ، استعملت بعد تجفيفها لإشعال النار فى عديد من المجتمعات البشرية البدائية القديمة مثل ؛ *Lenzites betulina* ، و *Daedalea quercina* ، ولم تشاهد هذه الأنواع فى سلة رجل الثلج .

وعلى ذلك ، فنحن أمام رجل رحالة من العصر الحجرى ، كان فى رحلة عبر جبال وسط أوروبا ، وكان يحمل معه سلة الإسعافات الأولية بما فيها من أدوات ، وأيضا على ثمار أحد فطريات عيش الغراب الرفية الثقبية التى كانت معروفة لديه ، والتى كانت عشيرته تستعملها للتخفيف من حدة السعال .

وربما كانت تنتاب هذا الرجل الرحالة نوباتٌ من السعال خلال تنقلاته ، فحرص على أن يكون معه دواؤه ملفوفا بعناية وإحكام بسيور من الجلد ، معقودة داخل سلته الخوص ، ليكون فى مأمن من متاعب السعال وهو فى رحلته الطويلة ؛ إلا أن القدر لم يمهله لاستعمالها ، ومات ودفن وسط النهر المتجمد ، ليظل آلاف السنين مجمدا ، حتى تعثر عليه البعثة العلمية ، وتنقل لنا جزءاً من التاريخ الإنسانى البعيد ، لرحالة من العصر الحجرى يحمل لنا عينة من ثمار عيش الغراب الحفرية .

سابعا - المراجع References :

Atkinson, G. F. (1915) . Phylogeny and relationships in the Ascomycetes. Ann. Missouri Bot. Gard. 2 : 315 - 376 .

Barr, D. J. S. (1981) . The phylogenetic and taxonomic implications of flagellar rootlet morphology among zoosporic fungi-Biosystems. 14 : 359 - 370 .

Barron, G. I. (1983) . The genera of Hyphomycetes from soil. Robert E. Krieger. Publishing Company. Malabar. Florida.

Bowman, B. H. ; T. W. Taylor ; A. G. Brownlee ; J. Lee ; S. D. Lu and T. J. White (1992) . Molecular evolution of the fungi : relationship of the Basidiomycetes. Ascomycetes and Chytridiomycetes-Molecular Biology and Evolution. 9 : 285-296.

Cavalier-Smith, T. (1983) . A 6-Kingdom classification and a unified phylogeny - In W-Schwemmler and H. E. A. Schenk (eds.) Endocytobioloy. 1027 - 1034 .

Chapela, I . H . and P. Lizon (1993) . Fungi in the stone age. The Mycologist. 7 (3) : 121.

Cookson, J. C. and A. Eisenack (1979) . Some algae fom cretaceous sediments of Australia. Neues Jahrbuch fur Geologic und Palaeontologie-Monatesehefte 2 : 77 - 82 .

De Bary, A. (1887) . Comparative morphology and biology of the fungi. Clarendon Press. Oxford

Dennis, R. L. (1969) . Fossil mycelium with clamp connections from the middle Pennsylvanian. Science. 163 : 670 - 671 .

El-Saadawy, W. E. (1966) . Studies in the flora of the Rhynie Chert. Ph. D. Thesis. Department of Botany. University College of North Wales. Bangor. UK.

Elsik, W. C. (1992) . The Morphology, taxonomy, classification and geologic occurrence of fungal palynomorphs. A short course presented under the auspices of the American Association of Stratigraphic Palynologists, Inc. 26 - 28 February .

Gerdemann, J. W. and J. M. Trappe (1974) . The Endogonaceae in the Pacific Novdwest-Mycologia Mem 5-New York Botanical Garden. New York .

Goos, R. D. (1987) . Fungi with a twist : the helicosporous Hyphomycetes. Mycologia. 79 : 1 - 22 .

Hughes, S. J: (1979) . Relocation of species of *Endophragmia* auct. with notes on relevant generic names. New Zealand Journal of Botamy. 17 : 139 - 188 .

Kalgutkar, R. M. (1993) . Paleogene fungal palynomorphys from Bonnet plume formation, Yukon territory. Contributions to Canadian paleontology. Geological Survey of Canada Bulletin. 444 : 51 - 105 .

Nigutkar, R. M. and L. Sigler (1995) . Some fossil fungal formtaxa fom the Maastrichtian and Palaeogene ages. Mycol. Res. 99 (5) : 513 - 522 .

Nidston, R. and H. W. Lang (1921) . An old red sand stone plants showing structure. from the Rhynie chert bed, Aberdeen shire-Part V. The thallophyta occurring in the peatbed. Transaction of the Royal Society of Edinburgh, 52 : 855 - 902 .

Millay, M. A. and T. N. Taylor (1978) . Chytrid - like fossils of Pennsylvanian. Science, 200 : 1147 - 1149 .

Petit, M. and A. Schneider (1983) . Chemical analysis of the wall of the yeast form of *Taphrina deformans*. Arch. Microbiol. 135 : 141 - 146 .

Pirozynski, K. A. (1976) . Fossil fungi. Annual Rev. Phytopath. 14 : 237 - 246 .

Powell, M. J. (1978) . Phylogenetic implications of the microbody - lipid globale complex in zoosporic fungi-biosy stems. 10 : 167 - 180 .

Saccardo, P. A. (1899) . Sylloge fungorum omnium lucusque cognitorum - vol. 14 - 1316 pp.

Schopf, J. W. and E. S. Barghoorn (1969) . Microorganisms from the late Precambrian of South Australia - Journal of Paleontology, 43 : 111 - 1118 .

Simmoms, E. G. and R. G. Roberts (1993) . *Alternaria* themes and variations (73) . Mycotaxon. 48 : 109 - 140 .

Smith, P. H. and W. G. Chaloner (1979) . Is *Piriurella* Cook- Son & Eisenack an alga or a fungus ?. Newes Jahrbuch fur Geologie und Palaeontologie. Monatsheft, 11 : 701 - 704 .

Smoot, E. L. ; T. N. Taylor and T. Delevoryas (1983) . Structurally preserved fossil plants from Antarctica. I *Antarcticycas* gen-nov., a Triassic cycad stem from the Beard more Glacier area. Amer. J. Bot. 72 : 1410 - 1423 .

Stubblefield, S. P. and T. N. Taylor (1983) . Studies of Paleozic fungi I. The structure and organization of *Traquairia* (Ascomycota) . Amer. J. Bot. 70 : 387 - 399 .

Stubblefield, S. P. ; T. N. Taylor and J. M. Trappe (1987) . Vesicular - arbuscular mycorrhizae from the Triassic of Antarctica. Amer. J. Bot. 74 : 1904 - 1911 .

Takahashi, K. (1991) . Fungal and algal palynomorphs from the Tokatan and Kiritappu formation of the Nemuro group, Eastern Hokkaido. Japanese J. Palymology, 37 : 151 - 168 .

Taylor, T. N. and J. F. Jr. White (1989) . Fossil fungi (Endogonaceae) From the Tirassic of Antarctica-American J. Bot. 76 : 389 - 396 .

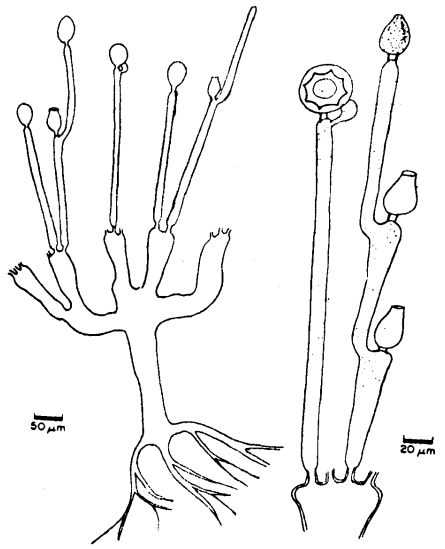
Taylor, T. N. ; W. Remy and H. Hass (1992) . Fungi from the lower devonian Rhynie Chet. Chytridiomycetes. Amer. J. Bot. 79 (11) : 1233 - 1241 .

Trevedi. B. S. and C. L. Verma (1970) . Fungal remains from Tertiary coal bed of Malaya. J. Palynology. 5 : 68 - 73 .

Wagner. C. A. and T. N. Taylor (1981) . Evidence for Endomycorrhizae in Pennsylvanian age plant fossils. Science 212 : 562 - 563 .

Wiliamson. W. C. (1880) . On the organization of fossil plants of the coal measures - X. Philos - Trans. 171 : 493 - 539 .

الباب الثالث



الفطريات المائية

الباب الثالث
الفطريات المائية
Aquatic Fungi

مقدمة :

من الصعب وضع حدودٍ معينةٍ ، تفصل بين الفطريات المائية ، وغيرها من الفطريات الأخرى ، ويرجع ذلك إلى أن معظم الفطريات يمكنها أن تنمو على البيئات السائلة المهتزة ؛ لاحتياج الفطر إلى الأكسوجين ، ولو بكميةٍ ضئيلةٍ .

وعلى الرغم من أن الماء يغطى ثلاثة أرباع سطح الأرض، إلا أن نسبة الفطريات التى تقطن البيئة المائية لا تزيد على ٢٪ من جملة الفطريات المعروفة . ويدل هذا على أن الفطريات – ذات النشأة المائية – قد تطورت وتوطنت على اليابسة ، وانتشرت بين حبيبات التربة ، وعلى سطوح المجموع الخضرى للنباتات .

ومن ناحية أخرى ، فإن عدد الدراسات التى أجريت على الفطريات المائية aquatic fungi أقل بكثير جدا من تلك التى أجريت على الفطريات الأرضية terrestrial fungi؛ وهذا يوضح ندرة الباحثين العاملين فى هذا المجال .

والسبب فى ندرة الفطريات المائية – بالنسبة إلى الفطريات الأرضية – أن البحار والمحيطات توفر بيئة محدودة التغيير فى درجات الحرارة والملوحة ، بالإضافة إلى أن المواد العضوية – مثل الطحالب ، والأعشاب البحرية ، والأخشاب الطافية – التى توفر الاحتياجات الغذائية لهذه الفطريات – تتركز على الشواطئ أو بالقرب منها .

وبناء على ذلك ، تعتبر البحار والمحيطات المفتوحة عبارة عن صحار فطرية ؛ حيث توجد فيها بعض الخمائر والفطريات البدائية ، بالإضافة إلى الحيوانات الصغيرة العالقة بالقرب من سطح الماء .

وتتميز الفطريات القاطنة للبيئة المائية aquatic environment بأنها تقضى دورة حياتها كاملة فى الماء ، بينما يقضى بعضها جزءً من حياته فى الماء ، والجزء الآخر على اليابسة ، ويطلق على مثل هذه الفطريات برمائية amphibious ؛ لذلك يجب التفرقة بين هذه الفطريات ، والفطريات الأرضية terrestrial fungi التى قد تقضى بعض أفرادها فترة مؤقتة فى الماء ؛ نتيجة انتشار جراثيمها بالرياح وسقوطها فى الماء .

وهذا ما يدعونا إلى تعريف الفطريات المائية تعريفا دقيقا وواقعيًا ، يفرق بينها وبين غيرها من الفطريات الأخرى . فالفطريات المائية هى تلك التى وطدت نفسها على الحياة فى البيئة المائية ، وتحورت تركيباتها بحيث تلائم هذه البيئة ، حيث يطلق على هذه الفطريات اسم الفطريات القاطنة للبيئة المائية indwellers .

أما الفطريات التى تقضى فترة من حياتها فى الماء ، فإنها تسمى الفطريات المهاجرة immigrants ، بينما تعرف الفطريات التى تقضى فترة مؤقتة من حياتها – عن طريق الصدفة – فى الماء بـ " الفطريات الحرة versatiles " .

ويتحكم فى نمو الفطريات القاطنة للبيئة المائية مجموعة من العوامل البيئية ، مثل توفر المواد الغذائية ، وكفاءة الفطر فى التجرثم فى الماء . بينما تتواجد الفطريات المهاجرة مادامت الظروف مناسبة ، وتقل عشيرتها إذا كانت الظروف غير مواتية ؛ مثل نقص الأكسوجين ، أو قلة الغذاء .

وقد تنمو مثل هذه الفطريات المهاجرة دون تكوين جراثيم فى البيئة المائية ؛ وبالتالى لا تستطيع الانتشار إلى مناطق جديدة .

وهناك بعض الفطريات المائية المتطفلة parastic fungi التى تهاجم عديدا من العوائل ؛ مثل بعض الأحياء المائية الدقيقة plankton ، والطحالب ، والحشائش البحرية ، والأسماك ، وغيرها من الحيوانات البحرية .

وتكاد تتمثل جميع المجاميع الفطرية بأفراد فى هذه البيئة المائية ؛ فتوجد فطريات مكونة للجراثيم السابحة تتبع فطريات الماستيجومايكوتات Mastigomycotina ، وبعض الفطريات الزيجية Zygomycotina ، بالإضافة إلى بعض الفطريات الأسكية Ascomycotina ، والفطريات الناقصة Deuteromycotina ، بينما توجد أعداد قليلة من الفطريات البازيديةBasidiomycotina فى البيئة المائية .

أولاً ـ طبيعة البيئة المائية :

هناك اختلافات كبيرة فى البيئة المائية aquatic environment ، مقارنة بتلك الاختلافات الموجودة فى البيئة الأرضية ؛ مثال ذلك المناطق القطبية ، والماء الناتج عن إنصهار الثلوج ، ومياه البحار والمحيطات ، والبحيرات المالحة الداخلية والمفتوحة، وبحيرات الماء العذب ، والبرك والمستنقعات ، والأنهار والنهيرات ، ومصبات الأنهار، والجداول ، والترع ، والمصارف ، وغير ذلك .

ويكون الماء على حواف المسطحات المائية السابقة بيئاتٍ مختلفة للفطريات المائية ؛ حيث يلامس رمال الشاطئ وصخورها ، وقد يكون ملامساً للتربة الطينية كما فى المجارى المائية وسط اليابسة ، أو ملامساً للنباتات والأعشاب البحرية ، أو جذور الأشجار التى تنمو ساحليًا ؛ مثل أشجار المانجروف . وفى جميع الحالات السابقة ، يلامس سطح الماء الهواء .

وحيث إن الهواء وحبيبات التربة ورمال الشاطئ وصخورها – وأيضاً سطوح النباتات – تحتوى على أنواع مختلفةٍ من الفطريات ، فإن تلك الفطريات تتحرر وتسقط وحداتها – وهى غالباً جراثيم – فى الماء . ومن ناحيةٍ أخرى ، يحتوى الماء على عديدٍ من الكائنات الحية الدقيقة ؛ ومنها الفطريات بطبيعة الحال ، التى قد تجد طريقها إلى البيئات المختلفة المحيطة بالبيئة المائية .

ثانياً ـ طرق دراسة الفطريات المائية :

يرتبط اختيار طريقة دراسة الفطريات المائية ليس فقط بالهدف من هذه الدارسة ، ولكن أيضاً بنوع مجموع الفطريات المراد دراستها ، فاتباع طرقٍ مختلفةٍ لدراسة مجموعةٍ واحدةٍ من هذه الفطريات يؤدى إلى نتائج متباينةٍ .

فعلى سبيل المثال استخدام Park (1972) طريقة أطباق التخفيف dilution plate method ، والفحص الميكروسكوبى المباشر direct observation ، والمصائد الفطرية fungal baiting ، وطريقة الأطباق المصبوبة particle plate technique فى دراسة عينةٍ واحدةٍ من الماء ، وحصل على نتائج لفطرياتٍ مختلفةٍ ؛ فمثلاً كانت طريقة المصائد الفطرية أكثر مناسبة لعزل الجراثيم الهدبية للفطريات البيضية ، وطريقة الأطباق المصبوبة كانت مناسبة لعزل الفطر *Pythium* ، وأيضاً

الفطريات الموجودة على الأجزاء النباتية ؛ مثل : *Alternaria* ، و *Cladosporium* ، و *Aureobasidium* ، و *Epicoccum* ، بينما لا تصلح هذه الطريقة لعزل الفطريات الهيفية المائية ؛ وهذا يوضح أهمية اختيار الطريقة المناسبة لدراسة الفطريات المائية للحصول على نتائج واقعية .

ثالثا ـ الفطريات البحرية Marine fungi :

تعتبر البيئة البحرية marine environment بيئة خاصة تؤثر فيها مجموعة من العوامل الكيميائية والطبيعية والحيوية ، والتى تؤثر على توزيع ونشاط وانتشار الفطريات القاطنة لمياه البحار . وتتميز مياه البحار – عن غيرها من المسطحات المائية الأخرى – فى محتواها العالى من الأملاح ؛ حيث تختلف الكمية الكلية من المواد المذابة فى عينات مياه البحر (لكل لتر)؛ وذلك تبعا للموقع الذى أخذت منه ، ومعدل التبخير فيه ، وقربه من مصب المياه العذبة .

لذلك يمكن أن تختلف نسبة الملوحة لأقل من ٠,٥٪ فى مصبات الأنهار ، بينما قد تصل إلى ٣,٧٪ أو أكثر فى المناطق البعيدة عن هذه المصبات . وتقدر نسبة الملوحة المعتادة فى بحار ومحيطات العالم بحوالى ٣,٣– ٣,٧٪ ، ومتوسط الملوحة ٣,٥ ٪ . كما تعتبر نسب الأملاح المختلفة الذائبة فى ماء البحر ثابتة تقريبا ، ولكنه من الممكن أن تتغير هذه النسبة عند القرب من اليابسة أو الأنهار ، أو نتيجة لحدوث تلوث معين ؛ سواء بماء الصرف الزراعى ، أم الصحى، أم بالماء المتخلف عن الصناعات المختلفة.

وتقع حموضة مياه البحر (pH - value) بين ٧,٥ و ٨,٤ ، ولكنها عادة ما تكون بين ٨,١ – ٨,٣ عند سطح البحر . ويلعب نشاط التمثيل الضوئى وتنفس الكائنات النباتية الدقيقة العالقة عند سطح البحر phytoplankton دورا كبيرا فى زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون الذائب ؛ وعلى ذلك نجد أنه فى حالة انخفاض معدل التمثيل الضوئى ، يقل تركيز ثانى أكسيد الكربون؛ مما يؤدى إلى ارتفاع رقم الحموضة إلى ٨,٣ – ٨,٥ .

وتتراوح درجة حرارة مياه البحر تبعا للعمق ، وخط العرض ، وفصول السنة ، والوقت من اليوم . كما تتأثر العوامل السابقة بالبرودة الناتجة عن الماء المنصهر من الثلوج وحركة الرياح فوق سطح الماء ، وكذلك التيارات المائية الرأسية والأفقية .

فبالقرب من القطبين الشمالى والجنوبى ، تنخفض درجة حرارة الماء إلى أقل من درجة الصفر المئوى، وقد يتجمد سطح الماء فى مناطق شاسعةٍ من المحيط (المحيط المتجمد الشمالى)، بينما ترتفع درجة حرارة سطح الماء إلى ٢٠°م عند خط الاستواء ، ولا تقل عن ذلك طوال العام . وكلما زاد العمق فى مياه البحار والمحيطات، انخفضت درجة الحرارة .

هذه العوامل السابقة – وغيرها – تؤثر تأثيرا مباشرا على انتشار ونشاط الكائنات الحية البحرية ، ومنها الفطريات بطبيعة الحال . ولقد وصفت الفطريات البحرية لأول مرةٍ فى منتصف القرن التاسع عشر عن طريق الفرنسيان Durieu & Montagne، ولكن دراسة هذه الفطريات لم تبدأ إلا عام ١٩٤٤ عن طريق Barghoorn & Linder، وعلى الرغم من ذلك لم تنل الفطريات البحرية حظًا وافرا من الدراسة حتى الآن .

ولقد شكك بعض الباحثين فى النشاط الحيوى للفطريات البحرية ودورها فى البيئة البحرية ؛ فذكر Dowman (1970) أن الفطريات لا تستطيع البقاء حية فى هذه البيئة نتيجة نقص الأكسوجين وزيادة نسبة الأملاح ، بينما عزى Fenchel (1972) تحلل المواد العضوية النباتية فى مياه البحار إلى النشاط الحيوى للبكتريا وليس للفطريات . وبعد ذلك أجرى Jones (1988) بحثا بعنوان " هل توجد فطريات فى البحار ؟ " .

ولعل هذا يجعلنا بدورنا نتساءل : هل توجد حقًا فطريات فى مياه البحار والمحيطات ذات الملوحة العالية التى تصل إلى أكثر من ٣,٠ ٪ ؟ وهل لهذه الفطريات دور فعال فى البيئة البحرية بالمقارنة بغيرها من الكائنات الحية البحرية الدقيقة الأخرى ؟ إن هذه الأسئلة – وغيرها – تكشف قلة المعلومات حتى لدى الباحثين فى مجال الفطريات .

لقد تم وصف حوالى ٥٠٠ فطر بحريّ حتى الآن ؛ حيث عُزل ما يقرب من ثلث هذا العدد من الفطريات البحرية من الأخشاب الطافية على سطح الماء ، كما عُزل عدد يقارب لما سبق من الطحالب والأعشاب البحرية ؛ لذا يمكن القول بأن الفطريات البحرية الحقيقية تغطى جميع طوائف الفطريات ؛ حيث تظهر بعض الفطريات البحرية الأولية lower marine fungi التابعة للماستيجوميكوتات Mastigomycotina والتى تتميز بإنتاج جراثيم هدبيةٍ سابحةٍ ، وبعض الأفراد المتطفلة من رتبة الفطريات

الكيتريدية Chytridiales ورتبة اللاجنيديلات Lagenidiales التى تتطفل على الطحالب البحرية ، بينما تنمو بعض الأفراد الأخرى منها مترممة .

وتعتبر الفطريات التابعة لرتبة الفطريات البيضية الشبيهة بالكتيريدية Thraustochytriales ، وأيضا رتبة Labrinthulales فطريات بحرية إجبارية ؛ حيث لا توجد فى موطن اخر غير مياه البحار . وهذه الفطريات التى قسمت فيما مضى على أنها تتبع الكائنات مشكوكة القرابة بالفطريات ، أعاد Porter عام ١٩٨٩ وضعها فى قبيلةٍ منفصلةٍ ؛ هى قبيلة فطريات العفن الهلامية الشبكية : Phylum Labyrinthomycota . ويلاحظ غياب الفطريات الزيجية عن التواجد فى مياه البحار .

أما بالنسبة للفطريات البحرية الهدبية الراقية، فهى تضم حوالى ٣٠٠ نوع معظمها يتبع الفطريات الأسكية والناقصة ، بينما قليل منها بازيدى ، حيث يبلغ عدد الأجناس البازيدية فى مياه البحار أربعة أجناس ، تنمو ثلاثة منها على الأخشاب الطافية على سطح الماء ، بينما يسبب الجنس الرابع *Ruppia maritima* تفحم قواعد أوراق وسيقان أحد الأعشاب البحرية .

ومن الفطريات البازيدية التى تهاجم الأخشاب الطافية فطر *Digitatispora marina* الذى يتبع الفطريات البازيدية ذات الطبقة الخصيبة Hymenomycetes والفطر *Nia vibrissa* التابع للفطريات البازيدية المعدية Gasteromycetes . ويلاحظ أن الجراثيم البازيدية فى الفطريات البحرية تأخذ شكلا عديد الأذرع ، مما يجعلها تتشابه مع كونيديات عديد من الفطريات المائية الهيفية (شكل ٣ - ١) .

ومن ناحيةٍ أخرى يلاحظ أن الأجسام الثمرية للفطريات الأسكية والبازيدية تكون - عادةً - صغيرة الحجم ؛ مثال ذلك الجسم الثمرى للفطر البازيدى *Halocyphina villosa* ؛ وهذا يعكس - دون شكٍّ - الظروف التى تعيش فيها هذه الفطريات البحرية؛ حيث إن الأجسام الثمرية الكبيرة واللحمية ستكون هدفا لبكتيريا العفن البحرية.

ومعظم الفطريات البحرية التى تستوطن الأخشاب الطافية المحللة للجنين تتبع الفطريات الأسكية ؛ حيث وصف حوالى ١٤٩ جنسا ، معظمها تكوّن أجساما ثمرية دورقيةً perithecia ؛ بينما شوهد فطران يكونان أجساما ثمرية مقفولة clestothecia وفطرا واحدا يكون أجساما ثمرية مفتوحة apothecia هو الفطر *Orbilia marina*

المسبب لعفن الطحالب النامية على سطح البحر ، وبالإضافة إلى ما سبق يوجد حوالى ١٨٠ نوعاً من الخمائر البحرية .

وتتبع الفطريات الأسكية البحرية الفطريات المكونة لأجسام ثمرية دورقية Pyrenomycetes و الفطريات المكونة لأجسام ثمرية مطمورة في حشيات ثمرية Loculoascomycetes ؛ حيث مثلت كل مجموعة رتبتين . وتوجد تحت رتبة Sphaeriales حوالى ٨٤ نوعاً معظمها تحت عائلة Halosphaeriaceae ، بينما وصل عدد الفطريات التابعة إلى تحت رتبة Dothideales إلى حوالى ٥١ نوعاً .

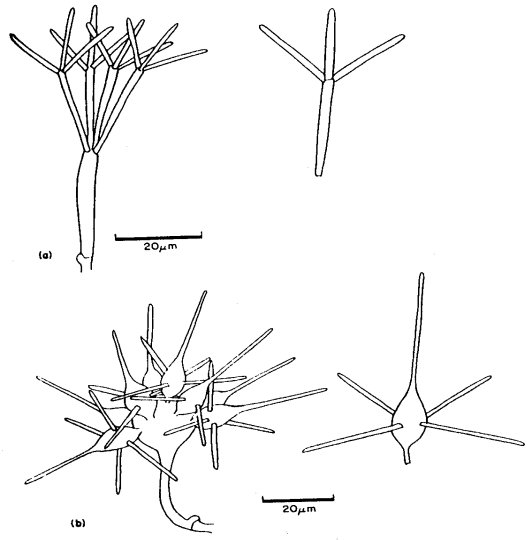
ومن الفطريات الأسكية البحرية الفطر *Ocostaspora apilongissima* الذى يكون أجساماً ثمرية دورقية ؛ حيث يتبع مجموعة Pyrenomycetes . ولقد وصف هذا الفطر لأول مرة بواسطة (Jones et al. 1983) ؛ وذلك خلال عزل مجموعة من الفطريات البحرية من أخشاب طافية على سطح مياه خليج جزيرة San Juan بالولايات المتحدة .

ولقد تصادف عزل هذا الفطر فى عام ١٩٧٩ من الولايات المتحدة أيضاً ، ولكن تحت اسم *Halosphaeria appendiculata* ، وأيضاً تم عزله من سرى لانكا وعرف بأسم *Remisphora ornata* . ولقد تم عزل نفس الفطر من مناطق مختلفة من العالم ، وكانت المشكلة الدائمة هى التعريف السليم .

وفى عام ١٩٨٣ عزل Jones et al (1983) هذا الفطر من على دعائم خشبية مغمورة فى مياه شاطئ خليج Galway بجنوب أيرلاندا ، وتم تعريف الفطر بأنه *Halosphaeria appendiculate* Linder ؛ وذلك على أساس وجود زوائد طرفية ومحيطة ذات شكل ملعقى (شكل ٣ - ٤ - ٣) .

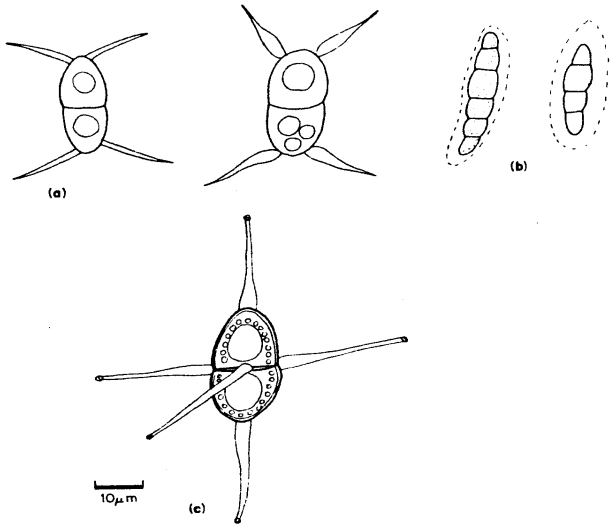
ولقد أظهرت الدراسات الحديثة (Flynn & Curran, 1994) أن الجراثيم الأسكية لهذا الفطر أصغر فى حجمها من الفطر *H. appendiculata* ، كما أن الزوائد الطرفية كانت أطول ؛ كما تراوح عددها بين ٦ و ٨ زوائد مخرزة الشكل .

ومن ناحية أخرى ، وجدت الأجسام الثمرية لهذا الفطر على الدعائم الخشبية المغمورة فى مياه البحر ؛ حيث كانت هذه الأجسام الثمرية الدورقية مطمورة داخل حشيات ثمرية perithecial ascomata . ولقد تراوح ارتفاع هذه الحشيات الثمرية بين ٣٠٥,٩ و ٣١١,٨ ميكرونا ، بينما تراوح قطرها بين ٣٠٠ و ٣١٧,٦ ميكرونا .



شكل (٣ - ١) : a = الحامل البازيدى والجراثيم البازيدية الرباعية الأذرع للفطر *Digitatispora marina* .

b = الحامل البازيدى والجراثيم البازيدية الخماسية الأذرع للفطر *Nia vibrissa* .

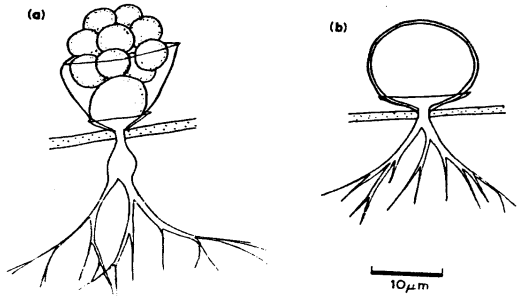


شكل (٣ - ٢) : جراثيم أسكية لبعض الفطريات البحرية الأسكية التى تستوطن الخشب الطـــافى فوق سطح الماء .

a = الفطر *Halosphaeria quadricornuta* والفطر *H. salina* .

b = الفطر *Leptosphaeria neomaritima* والفطر *L. contecta* .

c = الفطر *Ceriosporopsis calyptrata* .



شكل (٣ - ٣) : الفطر *Thraustochytrium proliferum* ، أحد الفطريات البحرية الشبيهة بالفطريات الكتيريدية .
a = كيس يحتوى على جراثيم سابحة zoosporangium .
b = كيس أسبورانجى ساكن .

وتميزت الأجسام الثمرية بأنها تحت كروية إلى منضغطة ، ذات لون بنى داكن ، ويتميز الجسم الثمرى بوجود عنق طوله ٦٤,٧ - ٨٨,٢ ميكرونا ، وقطره ٣٥,٣ - ٥٣,٠ ميكرونا . ويحتوى الجسم الثمرى على عديد من الأكياس الأسكية ، ذات القوام المرن . والجراثيم الأسكية طولها ١٣,٥ - ٢٠,٥ ميكرونا ، وعرضها ٤,٥ - ٧,٥ ميكرونا ، ذات شكل بيضى ، وتتكون من خليتين ؛ حيث يوجد انقباض عند الجدار الفاصل بينهما . والجرثومة الأسكية شفافة ، ذات زوائد طرفية طويلة ومحيطية مخرزة .

ولقد اعتمد Prof. Jones الأستاذ بجامعة Portsmouth على هذه الصفات لتعريف هذا الفطر البحرى بأنه *Ocostaspora apilongissima* .

وتتميز الجراثيم الأسكية فى تلك الفطريات البحرية بأنها ذات زوائد هيفية و/أو أغماد جيلاتينية ؛ حيث يعملان على مساعدة الجراثيم الأسكية على الطفو بالقرب من سطح الماء وعدم ترسيبها إلى عمق البحر ، وأيضا على تعلق الجراثيم الأسكية بالأجسام الطافية والأعشاب البحرية .

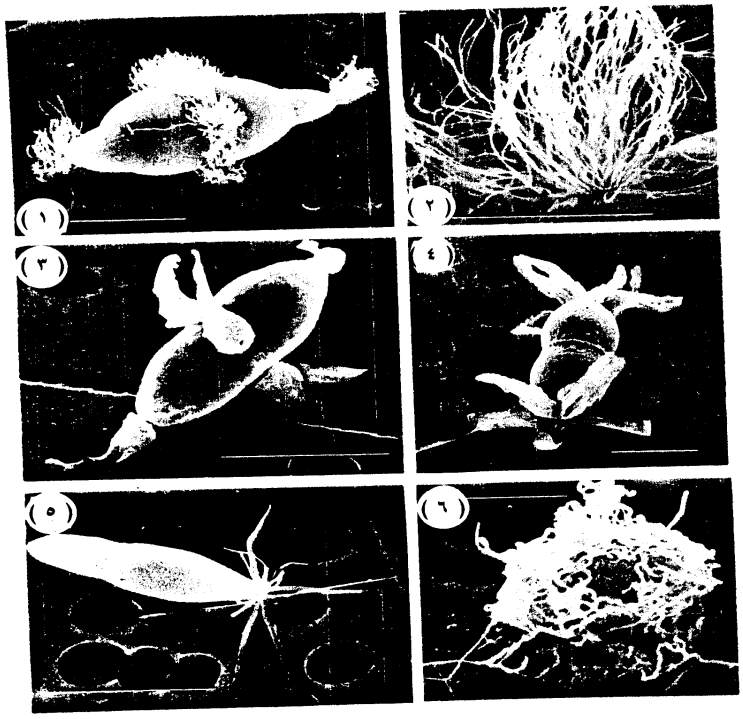
ولقد درس عديد من الباحثين أهمية الزوائد الهيفية التى تتميز بها الجراثيم الأسكية ، وأيضا الأذرع المتفرعة الموجودة على الجراثيم البازيدية فى الفطريات البحرية ؛ حيث وجد (Ress (1980 أن إزالة أذرع هذه الجراثيم وتفرعاتها الهيفية يعمل على سرعة ترسيبها فى الماء إذا قورنت بالجراثيم العادية ذات الزوائد أو الأذرع. وهذا يدل على الدور الهام الذى تقوم به مثل هذه الزوائد الموجودة على سطح جراثيم الفطريات المائية فى المساعدة على طفوها على سطح الماء ، وعدم ترسيبها إلى القاع ؛ مما يؤدى إلى عدم إنباتها وموتها فى النهاية .

كما وجد أن هذه الزوائد تساعد على تعلق الجراثيم بالمواد الطافية على سطح الماء ؛ مثل أوراق وفروع الأشجار ، والمواد العضوية الأخرى ، والريم الناتج من تصاعد فقاعات الهواء مكونا شكلا رغويا . وتساعد هذه الزوائد أيضا على انتقال هذه الجراثيم من مكان إلى آخر ؛ وخاصة إلى شاطئ البحر .

وتختلف أشكال الزوائد الموجودة على الجراثيم الأسكية للفطريات البحرية ؛ فهى أما أن تكون خيطية الشكل ، مثال ذلك الفطريات : *Aniptodera mangrovii* و *A. chesapeakensis* و *Cucullospora mangrovii* و *Trichomaris invadens* و *Appendichorella amicta* (شكل ٣ - ٤ - ٦ ، ٧ ، ٨) ، وقد تظهر بعض الجراثيم محاطة بغطاء جيلاتينى ؛ مثال ذلك الفطريات : *Pleospora quadrefoyi* و *Nimbospora effusa* ، و *L. australiensis* و *Leptosphaeria marina* ، كما تظهر بعض الزوائد الهيفية خارجة من الجدار الخارجى للجراثيم ؛ مثال ذلك الفطر *Nereiospora cristata* (شكل ٣ - ٤ - ١ ، ٢) والفطر *Halosphaeria appendiculata* (شكل ٣ - ٤ - ٣) .

وقد تظهر الزوائد الهيفية طرفية و/أو قطرية، كما فى حالة جراثيم الفطريات البحرية : *C. locera* و *Corollospora maritina* و *Groenhiella bivestita* (شكل ٣ - ٤ - ٧) ، والفطر *Remispora maritima* (شكل ٣ - ٤ - ٤) ، والفطر *Halosphaeriopsis mediosetigera* والفطر *Lanospora coronata* (شكل ٣ - ٤ - ٩) .

كما أن هناك بعض الفطريات التى تفرز قطرات من مادة جيلاتينية (مخاطية) من قمة جراثيمها الطرفية ؛ مثال ذلك الفطريات *Aigilus grandis* و *Lulworthia* spp. و *Kohlmeyerella tubulata* .



شكل (٣ - ٤)

شكل (٣ - ٤) : الجراثيم الأسكية لبعض الفطريات الأسكية البحرية marine ascomycotina ، تم التقاطها بالميكروسكوب الإليكترونى الماسح (SEM) .

٢،١ = خصل الزوائد الهيفية الطرفية والمحيطية التى تشبه الشعر فى الجرثومة الأسكية للفطر *Vereiospora cristata* .

٣ = الزوائد الهيفية الطرفية والمحيطية التى تشبه الملعقة فى الجرثومة الأسكية للفطر *Halosphaeria appendiculata*.

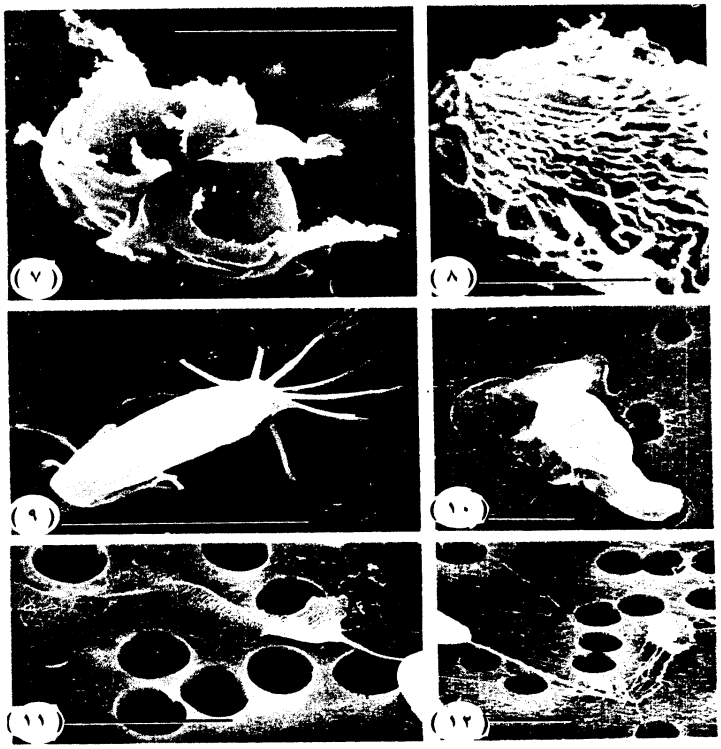
٤ = زوائد طرفية فقط متكونة من تبرعم الغلاف الخارجى للجرثومة الأسكية فى الفطر *Remispora stellata* .

٥ = زوائد طرفية هيفية متجمعة فى شكل تاج على طرف واحد فقط من جرثومة أسكية للفطر *Keissleriella* sp. .

٦ = زوائد هيفية ملتفة حول نفسها وتؤدى وظيفة التصاق وتعلق الجرثومة الأسكية بالأجسام الطافية ، فى الفطر *Appendichordella amicta* (طول الخط الأبيض فى الصور السابقة = ١٠ ميكرونات) .

وبالإضافة إلى ما سبق ، فهناك حوالى ٥٦ نوعا من الفطريات البحرية تم وصف أطوارها الكونيدية ، وصنفت فى طائفة الفطريات الناقصة Deuteromycotina . ويتطفل بعض هذه الفطريات البحرية الهيفية على الطحالب البحرية أو الحشائش البحرية ، أو قد ينمو أفراد منها فى حالة تبادل منفعة مع بعض الطحالب البنية ، مثال ذلك الفطر *Mycosphaerella ascophylli* الذى يتعايش مع الطحالب البنية من الجنس *Pelvetia* والجنس *Ascophyllum* . وعلى أية حال ، فإن معظم الفطريات البحرية الهيفية تترمم على الطحالب والخشب الطافى على سطح الماء ، وعلى الحشائش المائية النامية على الشواطئ .

ولقد وجد - أيضا - فى البيئة البحرية بعض الأشنيات ، والتى ينمو فيها فطر أسكى فى حالة تبادل منفعة مع طحلب أخضر أو طحلب أخضر مزرق (سيانوباكتيريا)؛ مثال ذلك الأجناس : *Arthropyrenia* ، و *Verrucaria* ، و *Lichina* ، بينما تتعايش بعض الفطريات المائية مع الحيوانات المرجانية Corals (Kohlmeyer & Volkmann-Kohlmeyer, 1989) .



تابع شكل (٣ - ٤)

تابع شكل (٣ - ٤) : ٧ = زوائد هيفية طرفية ومحيطية على الجراثيم الأسكية للفطر *Groenhiella bivestia* متكونة عن طريق تبرعم الغلاف الخارجى للجرثومة .

٨ = وزائد هيفية متعلقة بالمنطقة المحيطية للجرثومة الأسكية فى الفطر *Appendichordella amicta* .

٩ = زوائد هيفية طرفية متجمعة فى شكل تاج فى جرثومة أسكية للفطر *Lanospora coronata* ، تكونت عن طريق تبرعم الغلاف الخارجى للجرثومة .

١٠ = زوائد هيفية عريضة شريطية الشكل فى جرثومة أسكية للفطر *Haligena elaterophora* ، تساعد على تعلق الجرثومة بالأجسام الطافية .

١١ = زوائد هيفية طرفية ملتفة بشدة فى جرثومة أسكية للفطر *Halosarpheia retorquens* .

١٢ = زوائد هيفية غير ملتفة ، مكونة زوائد خيطية طرفية طويلة فى الجراثيم الأسكية للفطر السابق .

(طول الخط الأبيض فى الصورة السابقة = ١٠ ميكرونات)

١ - منشأ الفطريات البحرية :

ناقش كثير من الباحثين منشأ هذه الفطريات ؛ حيث لا يعتقد وجود منشأ واحد لجميع الفطريات البحرية ، فبعض الأفراد (مثل تلك التابعة لرتبة Thraustochytriales) تعتبر فطريات بحرية إجبارية ذات منشأ بحرى ، بينما هناك فطريات بحرية أخرى ذات منشأ أرضى مثل : *Pythinm* ، و *Phytophthora* ، و *Leptosphaerea* ، و *Pleospora* . (Jones, 1988) .

ولقد اقترح (Rohlmeyer (1986 أن الفطريات البحرية الأسكية قد تطورت من الطحالب الحمراء ، التى يمكن مقارنتها بالأفراد المعاصرة من رتبة Ceramiales ؛ من خلال فطر بائد يشابه الجنس *Sphathulospora* ، بينما أثبت (Walker et al (1979 أن هذا الجنس ليس نوعا بدائيا ، ولكنه تام التطور ويتبع الرتبة Halosphaeriales .

ومن ناحية أخرى أوضحت الدراسات الفسيولوجية أن معظم الفطريات البحرية الراقية غازيات ثانوية للبيئة البحرية ، ولقد بدأ هذا الغزو من عصور قديمة ماضية ، وكان ناجحا فى بعض الفطريات التى تطورت تحت ظروف البيئة البحرية ؛ لتكون أجناسا جديدة متخصصة ومتأقلمة مع الحياة فى مياه البحار والمحيطات .

وبالنسبة إلى عدد الأجناس التى تتواجد فى مياه البحار كبيئةٍ طبيعيةٍ وموطن أساسى لها يمكن أن يدعم نظرية المنشأ الحديث لهذه البيئة ؛ مثال ذلك الأجناس : *Antennospora* ، و *Cucullospora* ، و *Holosphaeriopsis* ، و *Lanospora* ، و *Manglicola* ، و *Ondinella* ، و *Orbimyces* ، و *Swampomyces* .

٣ – تأقلم الفطريات البحرية :

كم كان مثيرا لدهشة علماء الأحياء والمشتغلين بعلم الفطريات لأجيالٍ عديدةٍ قدرة نمو الفطريات البحرية على النمو فى هذه البيئة المائية العالية الملوحة (حوالى ٣,٥ ٪ ملح كلوريد الصوديوم) ذات الوسط القاعدى (pH 7.5 - 8.4) ، بل إن هذه الفطريات تستكمل مراحل نموها وتتكاثر لأجيالٍ عديدةٍ فى مياه البحار .

ولا ترجع ظروف البيئة البحرية إلى ارتفاع الملوحة فقط ، ولكن – أيضا – إلى أن أيونات الصوديوم والكلوريد نفسها سامة لعديدٍ من العمليات الحيوية التى تجرى داخل بروتوبلازم الفطر ، كما أن ارتفاع الضغط الأسموزى خارج الخلية يضر بالغشاء السيتوبلازمى ، هذا كله دعا علماء النبات إلى تشبيه هيفات الفطر النامية فى البيئة البحرية بالأسطورة اليونانية القديمة (Scylla-charybdis dilemma) ؛ وهو ما يقابل عندنا (بين نارين) .

ولكى تستطيع الهيفات الفطرية امتصاص الماء من مياه البحار التى حولها – والتى يقل فيها الضغط المائى نتيجة ارتفاع ملوحتها – فإنها تحتاج إلى وجود تركيز عالٍ للغاية من المواد الذائبة داخل الخلية للمحافظة على الضغط الاسموزى للبروتوبلازم ؛ وذلك لمجابهة ارتفاع الضغط الاسموزى خارجها ؛ مما يعمل على مقاومة بلزمة الخلايا .

ومعظم الأملاح الذائبة فى مياه البحر حول الفطر عبارة عن أيونات الصوديوم والكلوريد ؛ وهى سامة لبروتوبلازم خلايا الفطر ، فكيف استطاع الفطر التأقلم على مجابهة هذه المشكلة ؟ .

ولقد أجريت عديد من الأبحاث للإجابة عن هذا السؤال ، وفى بحث بعنوان " استراتيجية تحمّل الملوحة فى الفطريات البحرية " درس الباحثان Clipson & Hooley (1995) سلوك أحد فطريات الخميرة الأسكية *Debaryomyces hansenii* والفطر

الناقص *Dendryphiella salina* . ولقد وجد الباحثان أن هذه الفطريات تقوم بضبط ضغطها الاسموزى عن طريق التمثيل الغذائى لكميات من المركبات المعقدة ؛ مثل بعض السكريات الكحولية (المانيتول ، والجليسرول) .

وعند وجود تركيزات عالية من هذه المواد فى بروتوبلازم خلايا الفطر ، فإنها تعمل على خفض الضغط المائى داخل الخلايا ؛ بحيث يتدفق الماء من خارج الخلية الى داخلها من خلال الغشاء السيتوبلازمى شبه المنفذ . وهذه السكريات الكحولية لا تسبب أى ضرر لحيوية الخلايا الفطرية حتى عند زيادة تركيزها ؛ ولذلك يطلق على هذه المواد اسم " الذائبات المتوافقة compatible solutes " .

وبالإضافة إلى ذلك فإن بعض أيونات الصوديوم والكلوريد تجد طريقها إلى داخل بروتوبلازم خلايا الفطريات البحرية ، وهذا بدوره يرفع من الضغط الاسموزى لهذه الخلايا ، ويساعد على استمرار تدفق الماء من خارج الخلية إلى داخلها . ولقد وجد أن تركيز هذه الأيونات محدود ، ولا يصل إلى درجة تضر ببروتوبلازم الخلية (Clipson & Jennigs, 1992) .

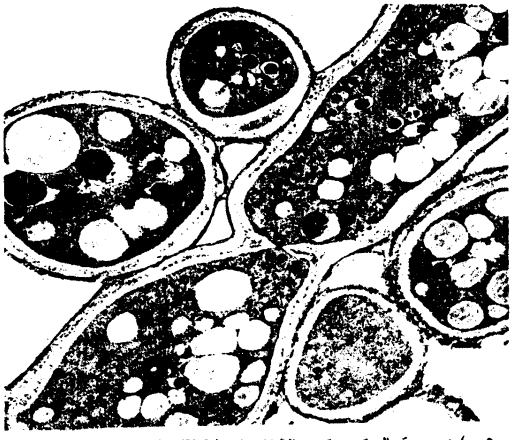
ومن الواضح أن هذا التركيز المحدود من أيونات الصوديوم والكلوريد يتم التحكم فيه عن طريق كفاءة الغشاء السيتوبلازمى ؛ حيث تمر هذه الأيونات – وغيرها – من خلال هذا الغشاء . ومازالت كيفية التحكم فى حركة هذه الأيونات عبر الغشاء السيتوبلازمى مجهولة حتى الآن (Clipson & Hooley, 1995).

وهناك نباتات بحرية أخرى عديدة الخلايا (كالطحالب ، والأعشاب البحرية) تواجه نفس المشكلة السابقة ، واستطاعت التغلب عليها بنفس الأسلوب السابق ، مع اتباع وسيلة لتنقية المياه المتدفقة إلى داخل الخلايا من الأملاح الذائبة . ولقد أوضحت صور الميكروسكوب الإليكترونى لخلايا بعض الفطريات البحرية (شكل ٣ – ٥) وجود جدار سميك ، وعدد كبير من الفقاعات العصيرية الصغيرة ، بينما يغلب على الخلية وجود السيتوبلازم .

وعلى العكس من ذلك كانت الفقاعات العصيرية تمثل حوالى ٧٠ ٪ من خلايا الطحالب البحرية والأعشاب البحرية ؛ وهذا يوفر لها ميزة جديدة ، حيث يتم تخزين الأملاح التى تدخل الخلايا فى هذه الفقاعات ؛ ومن ثم تنجو الخلية من أضرار ارتفاع نسبة هذه الأملاح فى بروتوبلازمها .

وعلى الرغم من ضالة حجم الفقاعات العصيرية فى خلايا الفطريات ، إلا أن تركيز أيونات الأملاح داخلها لم يكن مرتفعا ؛ وعلى ذلك فإن رفع اسموزية العصير الخلوى لخلايا الهيفات الفطرية يعتمد على السكريات الكحولية الذائبة أكثر من اعتماده على تركيز الأملاح الذائبة فى الفقاعات العصيرية .

وعلى أية حال ، مازالت الدراسات والبحوث تحاول فهم الكيفية التى استطاعت من خلالها الفطريات البحرية أقلمة نفسها على الحياة فى بيئة المياه المالحة ، وخاصة أن بعض الفطريات البحرية (مثل *Althornia crouchii*) تحتاج فى نموها إلى تركيز عال من ملح كلوريد الصوديوم ، ويقل النمو بانخفاض ملوحة الماء الذى تنمو فيه ؛ فمثلا يثبط نمو الفطر إذا انخفض تركيز كلوريد الصوديوم إلى أقل من ١,٥ ٪ ، بينما يلزم لتكوين وانطلاق الجراثيم الهدبية تركيز ١,٨ ٪ من الملح على الأقل ، وتعتبر نسبة الملوحة المناسبة للفطر هى النسبة المعتادة لملوحة ماء البحار والتى تقدر بحوالى ٣,٠ ٪ .



شكل (٣ - ٥) : صورة بالميكروسكوب الإليكترونى (TEM) لهيفا الفطر *Dendryphiella salina* نامية على بيئة تحتوى على ٢٥ ملليمول من ملح كلوريد الصوديوم .

٣ – التوزيع الجغرافي والموسمي للفطريات البحرية :

توجد الفطريات البحرية فى جميع بحار ومحيطات العالم ، وينحصر انتشار بعض الفطريات البحرية فى المناطق المعتدلة ، أو فى المناطق الاستوائية ، بينما تعتبر عديد من الفطريات البحرية عالمية الانتشار .

ولقد دُرس توزيع ونشاط الفطريات البحرية فى المناطق المعتدلة من العالم دراسة جيدة ، إلا أن دراسة هذه الفطريات فى المناطق القطبية والاستوائية مازالت ضئيلة وتحتاج إلى مزيد من البحث .

ويتوقف توزيع هذه الفطريات على انتشار المواد العضوية المناسبة التى توفر مادة غذائية مناسبة لهذه الفطريات ؛ كالأخشاب وفروع الأشجار وأوراقها ؛ حيث تستقبل الأنهار التى تمر وسط مناطق الغابات والزراعات كمياتٍ كبيرةٍ من هذه المواد العضوية ، ثم تحملها إلى مصبات الأنهار ، التى تكون – غالبا – بحارا أو محيطاتٍ ، وهكذا تجد هذه المواد العضوية طريقها إلى البحار المفتوحة . وتتقاذف الأمواج هذه المواد العضوية لمسافاتٍ بعيدةٍ ؛ حيث تنمو عليها عديد من الفطريات البحرية .

وتنمو الفطريات البحرية – أيضا – على جذور الأشجار النامية على شوطئ البحار مثل أشجار المانجروف ، وكذلك على الطحالب والأعشاب البحرية ، وحيثما توجد هذه النباتات ، تتواجد حولها أو عليها الفطريات البحرية .

ولقد وضع (1974) Hughes نظاما لتوزيع الفطريات البحرية المحللة للجنين إلى أربع مناطق حيوية Biogeographical regions ، تتوف على درجة حرارة سطح الماء ، وهذه المناطق هى :

١ – المنطقة الاستوائية Tropical region : حيث تصل أدنى درجة حرارة لسطح الماء إلى ٢٠°م ، وتتميز هذه المنطقة بتكوين الشعب المرجانية بالقرب من سطح الماء .

٢ – المنطقة تحت الاستوائية Subtropical region : حيث تصل أدنى درجة حرارة لسطح الماء إلى ١٧°م فى شهر أغسطس فى نصف الكرة الجنوبى ، وفى شهر فبراير فى نصف الكرة الشمالى .

٣ – المنطقة المعتدلة Temperate region : يتراوح فيها أقصى درجة حرارة لسطح الماء بين ١٧ م فى الشهور الباردة ، وأعلى من ١٠ م فى الشهور الدافئة .

٤ – المنطقة القطبية .(القطب الشمالى والجنوبى) Arctic and Antarctic region : والتى لا تزيد درجة الحرارة فى الشهور الدافئة على ١٠ م .

وتتميز كل منطقة من المناطق السابقة بانتشار أنواع محددة من الفطريات البحرية ؛ فمثلا ينتشر الفطر *Ceriosporopsis halima* فى المناطق الاستوائية ، بينما ينتشر الفطر *Halosphaeria hamata* فى المناطق المعتدلة .

ولقد درس Boyd & Kohlmeyer (1982) العلاقة بين درجات الحرارة والتوزيع الموسمى لثلاثة فطريات بحرية ناقصة ؛ حيث وجد أن الفطر *Asteromyces cruciatus* ينمو على رمال شاطئ البحر arenicolous ، والفطر *Sigmoidea marina* ينمو على الحشائش البحرية والنباتات البحرية اللازهرية ، وكلا الفطرين السابقين ينتشر فى المناطق المعتدلة . ووجد أيضا أن الفطر *Varicosporina ramulosa* ينمو على نفس النباتات السابقة ولكن فى المناطق تحت الاستوائية . ويمكن الحصول على جراثيم الفطريات السابقة من الطبقة الرغوية (الريم) الطافية على سطح البحر ؛ وبذلك يمكن التعرف على معدل التوزيع الموسمى لهذه الفطريات .

ولقد وجد كثير من الباحثين ارتباطا بين تأثير درجات الحرارة وبين معدل النمو والقدرة على البقاء و مدى الانتشار لعديد من الفطريات البحرية . ففى الفطر البحرى *V. ramulosa* كانت درجة الحرارة الملائمة للنمو الطولى للهيفات الفطرية تتراوح بين ٣٠ م و ٤٠ م ، بينما زاد الوزن الجاف للفطر عند درجة حرارة تتراوح بين ٢٠ م و ٣٠ م . واستطاع الفطر البقاء حيا حتى درجة حرارة ١٠ م ، ولكن دون أن يكون نموات ميسلومية جديدة ، وإنما تكونت كتل هيفية ملتصقة برمال الشاطئ ؛ حيث استطاع هذا التركيب تحمل انخفاض درجة الحرارة ، وأطلق عليه اسم " الثمار الحجرية sclerocarps" ، كما تتحمل هذه الثمار الحجرية درجات الحرارة العالية على رمال شاطئ البحر ، والتى تتراوح – عادة – بين ٤٥ م و ٧٠ م .

٤ – التوزيع الرأسى للفطريات البحرية :

يزداد وجود الفطريات البحرية بالقرب من سطح الماء ؛ حيث تجد ما تحتاج إليه من مواد عضوية تتغذى عليها ، إلا أن عينات المياه المأخوذة من أعماق سحيقة فى المحيطات أثبتت وجود بعض الفطريات بها .

ولقد أثبتت عديد من الأبحاث التى أجريت لدراسة التوزيع الرأسى للفطريات فى مياه البحار والمحيطات قدرة بعض الفطريات على تحمل الضغط العالى فى أعماق المحيطات ، والنمو فى درجات الحرارة المنخفضة وسط ظلام دامس .

فعلى سبيل المثال ، يمكن للفطر *Periconia abyssa* – التابع للفطريات الناقصة – أن ينمو فى أعماق سحيقة فى المحيط ، تصل إلى أكثر من خمسة الاف متر ، بينما هناك فطريات أخرى أمكن اكتشاف وجودها على أعماق أقل . ويوضح جدول (٣ – ١) بعض الفطريات التى أمكن اكتشافها فى عينات مياه المحيط الباسفيكى على أعماق مختلفة (Jones, 1988) .

جدول (٣ – ١) : التوزيع الرأسى لبعض الفطريات البحرية فى مياه المحيط . (عن Jones, 1988) .

نوع الفطر	العمق بالمتر
Zalerion maritimum	٨٠ – ١٢٦
Corollospora maritima	٨٧ – ٢٨٠
Lulworthia purpurea	٨٠ – ٣٨٠
Halosarpheia unicaudata	١٣٠ – ٤٣٧
Abyssomyces hydrozoicus	٦٣١ – ٦٤١
Bathyacus vermisporus	١٦١٥ – ١٧٢٠
Allescheriella bathygena	١٧٢٠
Oceanitis scuticella	٣٩٧٥
Periconia abyssa	٥٩٧٥ – ٥٣١٥

٥ – العوامل المؤثرة على مراحل نمو الفطريات البحرية :

أ – إنبات الجراثيم :

معظم جراثيم الفطريات البحرية ليس لها فترة سكون ، ويمكنها الإنبات مباشرة بعد تكوينها ، وعلى الرغم من ذلك ، فلقد وجد أن مياه البحار تحتوى على بعض المواد المثبطة لإنبات جراثيم بعض الفطريات البحرية المحللة للجنين.

ولقد وجد (Kirk (1980 أن كونيديات بعض الفطريات – مثل *Trichocladium achrasporum* ، و *Zalerion maritimum* – لا يثبط إنباتها فى مياه البحار ، بينما جراثيم الفطريات *Dendryphiella salina*، و *Halosphaeria mediostigera* يثبط إنباتها فى الماء العذب ، إلا أنه عند إضافة بعض العناصر الغذائية – مثل ٠,١ ٪ جلوكوز ، أو ٠,١ ٪ مستخلص خميرة ، أو ٠,١ ٪ فوسفات أمونيا – إلى الماء العذب تمكنت هذه الجراثيم من الإنبات .

ومن ناحية أخرى ، درس Byrne & Jones (1975 a) إنبات الجراثيم الأسكية للفطر *Corollospora maritima* و كونيديات الفطريات *Dendryphiella salina* و *Asteromyces cruciatus* و *Zalerium maritimum* فى عينات من مياه البحر تتراوح نسبة ملوحتها بين صفر و ٣,٥ ٪ ، وأظهرت النتائج تفاوتاً فى نسبة الإنبات تتراوح بين ٥٠ و ١٠٠ ٪ .

وفى دراسة أخرى ، وجد Meyers & Simms (1965) أن الجراثيم الأسكية للفطر *Linda thallassiae* لم يمكنها الإنبات فى الماء العذب .

ب – النمو الميسليومى :

ينمو عديد من الفطريات البحرية الراقية على مدى واسع من نسبة الملوحة ؛ فمثلا ينمو ميسليوم الفطريات *Cremasteria cymatilis* و *Sporidesmium salinum* و *Lulworthia floridana* على مدى من تركيز مياه البحر من ١٠ ٪ إلى ١٠٠ ٪ (٠,٣٥ – ٣,٥ ٪ أملاح ذائبة) ، ويلاحظ أن الفطر *C. cymatilis* لا تؤثر فى نموه التغيرات فى نسبة الملوحة ، بينما يزداد نمو الفطرين السابقين كلما زادت نسبة الملوحة فى الماء .

وتستطيع الفطريات البحرية الأسكية المكونة لثمار دورقية مثل *Lulworthia floridana* و *Lindra thalassia* و *Halosphaeria mediosetigera* النمو على مدى واسع من تركيز ملوحة مياه البحر ؛ (Meyers & Simms, 1965) ، بينما يمكن للفطر البازيدى *Halocyphina villosa* النمو فى مدى ملوحة يتراوح بين ١ ٪ و ٢٠٠٪ من ماء البحر (Rohrmann & Molitoris, 1986) .

جـ – التجرثم :

يختلف تأثير التغير فى تركيز مستوى الملوحة على تكاثر الفطريات البحرية الراقية؛ فبعض الأنواع تستطيع التجرثم فى مستويات ملوحة تتراوح بين صفر (ماء مقطر) إلى ١٠٠ ٪ من ماء البحر ، بينما تفشل فطريات أخرى فى تكوين أية جراثيم ، أو قد تكون جراثيم غير ناضجة إذا انخفض تركيز الأملاح عن ٣,٥ ٪ ، وهو التركيز العادى لمياه البحار .

ولقد وجد (Doguet (1964 أن الفطر البحرى البازيدى *Digitatispora marina* يمكنه التجرثم فى محلول مخفف من ماء البحر تتراوح نسبة الملوحة فيه بين ٠,٥ ٪ و ٢,٥ ٪ أملاحا ذائبة وذلك عند درجة حرارة من ١٥ م إلى ٢٠ م . ولعل هذا يفسر انتشار هذا الفطر البحرى البازيدى فى المناطق المعتدلة ، وأن جراثيمه تتكون – عادة – فى الشهور الباردة .

ولقد وجد – أيضا – أن الفطر البازيدى *Halocyphina villosa* يكون أجسامه الثمرية فى المعمل عند تركيزات من ماء البحر تتراوح بين ٢٥ ٪ – ١٠٠ ٪ ، وذلك على درجة حرارة من ٢٢ م إلى ٢٧ م ؛ وهذا يعكس تأثير بيئة هذا الفطر الطبيعية ؛ حيث ينمو على جذور أشجار المانجروف النامية على شواطئ البحر أو عند مصبات الأنهار

وكذلك الحال فى بعض الفطريات البحرية الناقصة (مثل *Varicosporina ramulosa* و *Orbimyces spectabilis*) ؛ حيث ينمو ميسليومها فى تركيزات مختلفة من مياه البحر تتراوح بين صفر إلى ١٠٠ ٪ ، كما لوحظ زيادة نمو هذه الفطريات مع زيادة الملوحة . وتتكون الكونيديات فى هذه الفطريات عند تركيز ٢٠ ٪ من مياه البحر على الأقل ، فإذا انخفض التركيز عن ذلك فشل الفطر فى التجرثم .

٦ – المواد والعوائل التى تنمو عليها الفطريات البحرية :

هناك مدى عريض من المواد المتاحة والمتوفرة فى مياه البحار تصلح لنمو الفطريات البحرية عليها ؛ فجميع المواد العضوية – مثل الحشائش البحرية ، وأوراق وريزومات ، وجذور النباتات البحرية اللازهرية ، وقطع الأخشاب ، وأوراق وفروع الأشجار ، وبتلات الأزهار وجذور وثمار الأشجار النامية على شواطئ البحار مثل أشجار المانجروف ، وأيضا الحيوانات الميتة ومخلفاتها العضوية ، والحيوانات اللافقارية البحرية وغيرها – صالحة كغذاء للفطريات البحرية .

ولقد درس كثير من الباحثين الدور الذى تقوم به الفطريات البحرية فى تحليل المواد العضوية ذات الأصل النباتى والمحتوية على سيليلوز ولجنين ، بينما هناك نقص واضح فى الدراسات الخاصة بدور الفطريات البحرية فى تحليل الأنسجة الحيوانية والمواد الهيدروكربونية فى البيئة البحرية .

ولقد تم تسجيل أكثر من ١٥٠ نوعا من الفطريات البحرية الراقية النامية على مواد نباتية مختلفة فى البيئة البحرية ؛ مثل الأخشاب الطافية أو المغمورة تحت سطح الماء أو المدفونة فى رمال الشاطئ ؛ حيث إن لكل بيئة فطرياتها الخاصة بها ؛ فعلى سبيل المثال ينمو على الأخشاب المدفونة فى رمال شواطئ البحار ؛ بعض الفطريات الأسكية البحرية ؛ مثل *Carbosphaerella leptosphaerioides* ، و *Arenariomyces trifurcatus* ، و *Corollospora intermedia* ، و *Lulworthia lignoarenria* ، و *C. cinnamomea* ، و *C. maritima* ، و *Nereiospora comata* ؛ حيث تتكون عليها الأجسام الثمرية الأسكية .

وقد تتكون هذه الأجسام الثمرية – أيضا – على رمال الشاطئ . وتتميز هذه الأجسام الثمرية بأن لها جدارا خارجيًا سميكا يحميها من الجفاف ، كما يعمل ميسليوم هذه الفطريات على تثبيت الأجسام الثمرية على حبيبات رمال الشاطئ ، ويحميها من حركة الرياح و الأمواج .

وهناك معلومات وفيرة عن قدرة الفطريات البحرية على الاستفادة من المواد الليجنوسيليلوزية ؛ فأكثر من ٧٥ ٪ من هذه الفطريات لها القدرة على تحليل الأخشاب الطافية على سطح الماء والمغمورة فيه ، مسببة عفنا طريًا لها (Mouzouras, 1986) ، فى حين أن بعض الفطريات البازيدية (مثل

Halocyphina villosa و *Nia vibrissa* و *Digitotispora marina*) لـــها القــدرة على أن تسبب عفنا أبيض للأخشاب الطافية ؛ محللة السيليلوز واللجنين معا .

وبعض الفطريات البحرية ذات كفاءةٍ محدودةٍ فى تحليل الســـيليلوز ؛ مثــال ذلــك الفطران : *Zalerion maritimum* ، و *Arenariomyces trifurcatus* ، بينما تعمـــل فطريات أخرى على اختراق الخشب مستفيدة من المواد الغذائية سهلة التحلـــل ؛ مثـــل السكريات والنشا الموجودة فى الأشعة البارانشيمية ؛ ومـــــن أمثلـــة تلـــك الفطريـــات *Alternaria maritima* ، و *Dendrohyphiella salina* ، و *Berguenerula spartina* ، و *Leptosphaeria obiones* .

ويلاحظ أن بعض البكتيريا البحرية تشارك – أيضا – فى تحليل المـــواد العضويـــة المعقدة فى مياه البحار ؛ حيث تتخلل الطبقات الخارجية من كتـــل الخشـــب الطافيـــة ، محللة المواد الليجنوسيليلوزية ، بينما تستطيع الفطريات اختراق هذه الأخشـــــاب إلـــى مسافاتٍ أعمق عن طريق نمو الهيفات .

كذلك تحتوى كتل الأخشاب الطافية على مواد سهلة التحلل مثـــل الكربوهيـــدرات ، وهى أول ما يتم تحليله بواسطة الفطريات البحرية . بينما تظهر الفطريـــــات المحللـــة للللجنين فى مرحلةٍ متقدمةٍ من التحلل ؛ وهذا يجعلنا نتفهم سر تتابع ظـــــهور الكائنـــات الحية الدقيقة على المواد العضوية أثناء تحللها فى مياه البحر.

وفيما يلى أهم المواد التى تنمو عليها الفطريات البحرية :

أ – الأخشاب الطافية :

تنجرف كميات كبيرة من الأخشاب إلى البحار عن طريق الأنهار ، أو عن طريـــق النشاط الإنسانى ؛ حيث تقطن عديد من الفطريات البحرية هـــــذه الأخشـــاب الطافيـــة والدعائم الخشبية والأخشاب المغمورة . وقد لوحظ أن نمو هذه الفطريات على الخشب يؤدى إلى وجود فجواتٍ من الأنسجة المتحللة فى الطبقات الوسطى للخشـــب الثـــانوى للأوعية الخشبية ؛ وهذا يسبب – فى النهاية – عفنا طريًا للكتل الخشبيـــــة الطافيـــة أو المغمورة فى الماء .

ولقد اختبرت حوالى ١١٠ عزلات من الفطريات الأسكية البحرية ؛ لمعرفة قدرتـــها على تحليل الخشب وإحـــداث العفن الطـــرى ؛ حـــيث أثبتت النتائـــج أن ٨٠ عزلـــة

منها تسببت فى إحداث العفن ، كما سببت بعض هذه العزلات الفطرية إنقاص وزن الخشب.

وعلى سبيل المثال استطاع الفطر *Corollospora maritima* أن ينقص حوالى ٢٦ ٪ من وزن كتل خشب الزان المغمورة فى ماء البحر المضاف إليه ٠,١ ٪ من مستخلص الخميرة عند درجة حرارة ٢٧°م فى خلال فترة تحضين قدرها ١٨ أسبوعا .

ومن ناحية أخرى ، تسبب الفطر *Nia vibrissa* فى إحداث ثقوب فى كتل خشب الزان المغمورة فى ماء البحر ؛ حيث يفرز هذا الفطر إنزيمات خارجيةٍ محللةٍ للسيليلوز ، تعمل على إنقاص سمك الجدر الخلوية للخشب مسببة عفنا أبيض .

ولقد درس عديد من الباحثين تتابع نمو الفطريات على كتل الخشب المغمورة فى مياه البحار ، إلا أن هناك عوامل هامة تلعب دورا فى هذا التتابع ؛ مثل العوامل الجوية ، وتوزيع الفطريات البحرية . وتوضح بعض الدراسات السابقة أن معظم الفطريات البحرية تظهر بعد مرور حوالى ٢ – ٦ أسابيع من غمر كتل الخشب فى الماء ؛ حيث تستغل هذه الفطريات ذلك الوقت فى النمو الميسليومى .

ويلاحظ أن درجة الحرارة ونوع الخشب يلعبان دورا فعالا فى نمو الفطريات على الكتل الخشبية السابقة ؛ فمثلا يفضل الفطر *Halosphaeria appendiculata* خشب الزان ، بينما يفضل الفطر *Ceriosporopsis circumvestita* خشب الصنوبر الأسكتلاندى .

ويبدو أن هناك نوعاً من تتابع الفطريات على الكتل الخشبية الطافية أو المغمورة فى مياه البحار ، وقد يعكس هذا التتابع الوقت اللازم لتكوين الجراثيم والأجسام الثمرية لهذه الفطريات . ومن الفطريات التى تظهر مبكراً عن غيرها الأجناس *Humicola* ، و *Zalerion* ، و *Piricauda* .

كما تشترك كائنات حية أخرى فى مهاجمة الكتل الخشبية الطافية على مياه البحار ، مثل البكتيريا ، والأكتينوميستات ، بالإضافة إلى عديدٍ من الكائنات الحيوانية البحرية كالقشريات والرخويات .

وأيضا يظهر هنا نوع اخر من تتابع ظهور الكائنات الحية المحللة للأخشاب فى البيئة البحرية ؛ فمثلا تلعب الفطريات والبكتريا البحرية دورا فى تجهيز الأخشاب

لزيادة قابليتها للإصابة بالحيوانات القشرية البحرية . وقد يفسر ذلك بأن النمو الفطرى والبكتيرى على هذه الأخشاب قد يعمل على توفير نسبةٍ من البروتين والفيتامينات والزيوت اللازمة لنمو وتكاثر هذه الحيوانات البحرية .

وتقسم الفطريات البحرية النامية على كتل الأخشاب الطافية أو المغمورة حسب تركيز الملوحة الموجودة فى مياه مصبات الأنهار والبحار ؛ ففى المياه القليلة الملوحة والتى تتراوح نسبة الملوحة فيها بين ٠,٥ و ٣,٠ ٪ تنمو بعض الفطريات البحرية الناقصة ؛ مثل *Piricaulda pelagica* و *Cirreralia macrocephala* على كتل الأخشاب الطافية ، ويطلق على هذه المجموعة من الفطريات اسم " Holeuryhaline species " .

وهناك مجموعة أخرى من أنواع الفطريات البحرية تسمى Euryhaline species لا تنمو على كتل الأخشاب الطافية فى الماء العذب أو قليل الملوحة ؛ مثال ذلك الفطر الناقص *Dictyosporium pelagicum* ، والفطريات الأسكية *Halosphaeria appendiculata* ، و *H. mediosetigera* ، و *Lignincola laevis* ، و *Remispora hamata* ، و *Ceriosporopsis calyptrata* و *R. maritima* .

وبالإضافة إلى ما سبق ، تنمو فطريات بحرية أخرى على الأخشاب الطافية فى مياهٍ قليلةِ الملوحة ؛ يطلق عليها " Genuine brackich water species " ؛ مثل : الفطر الأسكى *Remispora pilleate* ، و الفطر الناقص *Humicola alopallonella* ، بالإضافة إلى أنواع الفطريات النامية على الأخشاب فى المياه العالية الملوحة ؛ والتى يطلق عليها اسم " Stenohaline species " ؛ وهى تشمل عديداً من الفطريات البحرية النموذجية ؛ مثل الفطر الأسكى *Corollospora maritima* ، والفطر الناقص *Zalerion maritimum* .

وتختلف أنواع الفطريات البحرية النامية على الدعائم الخشبية المغمورة فى الماء ؛ وذلك تبعاً لمستوى سطح البحر (مغمورة تماماً – ملامسة لسطح الماء – فوق مستوى سطح الماء) . ويلاحظ أن الجزء العلوى من الدعائم الخشبية يكون معرضاً لأشعة الشمس والرياح والأمطار ، وأيضا إلى رذاذ أمواج البحر (الطرطشة) . وعلى مثل هذا الجزء من الدعائم الخشبية تظهر بعض الفطريات البحرية التى تأقلمت على هذه الظروف الجديدة؛ مثل : *Remispora maritima*، و *Dictyosporium pelagicum* ، و *Monodictys pelagica* . بينما تنمو على هذه الدعائم الخشبية المغمورة تحت سطح

الماء أنـواع أخـرى من الفطـريات البحـرية ؛ مثل : *Corollospora maritima* ، و *Zalerion maritimum* ، و *Lignincola laevis* .

ومن ناحيةٍ أخرى يختلف توزيع الفطريات البحرية على كتل الأخشـاب والأوراق والفروع الطافية فوق سطح الماء ؛ فبعض الأنواع تنمو وتكون جراثيمها على الأجزاء العليـا المبللـة والمعرضـة للهواء ، وأيضـا على الأجـزاء السـفلى المغمـورة والبعيـدة عـن الـهـواء ؛ مـثال ذلك الفطـريـات : *Halocyphina villosa* ، و *Lulworthia grandispora* . بينمـا تستوطـن الفطريـات *Humicola allopallonella* ، و *Tricladium* sp. سطوح الأوراق السفلية المغمورة فى المـاء ، وينمو الفطر *Aigialus* spp. على السطوح العليا المعرضة للهواء .

وعادة ما تتقاذف الأمواج كتل الأخشاب الطافية على سطح البحر ، وتلقيـها علـى رمال الشاطئ ؛ بما عليها من فطرياتٍ بحريةٍ نامية يمكن مشاهدتها – أحيانا – بـالعين المجردة . وتدفن هذه الأخشاب – كليًا أو جزئيًا – فى رمال الشـاطئ المبللـة بميـاه الأمـواج ؛ مما يعمل على استمرار نمو وتكوين الأجسام الثمرية للفطريـات البحريـة على كتل الأخشاب أو على حبيبات رمال الشاطئ الملاصقة لها .

كما تعمل الأجسام الطافية – مثل فروع وأوراق الأشجـار ، والمـواد العضويـة الأخرى ، والرغاوى (زبد الماء) – على اصطياد كمياتٍ كبيرةٍ من جراثيم الفطريات البحرية ؛ حيث تحملها الأمواج ، وتلقى بها على شاطئ البحـر ، ومـن أمثلـة هـذه الفطريات الأسكيـة : *Corollospora maritima* ، و *Arenariomyces trifurcata* (شكل ٣ – ٥) .

ولقد حدد الباحث Koch (1974) ثلاث مناطق لشاطئ البحر الذى تلقى عليه الكتل الخشبية المبللة التى تنمو عليها الفطريات البحرية ؛ وهى :

١ – **حد الماء** : وهو المنطقة من الشاطئ الرملى الذى تصل إليه الأمواج.

٢ – **الحد الجاف** : وهو المنطقة الرملية الجافة البعيدة عن أمواج البحر .

٣ – **المنطقة الساكنة** : وهى المنطقة الوسطية بين المنطقتين السابقتين ، وتتمـيز برطوبة الرمل..

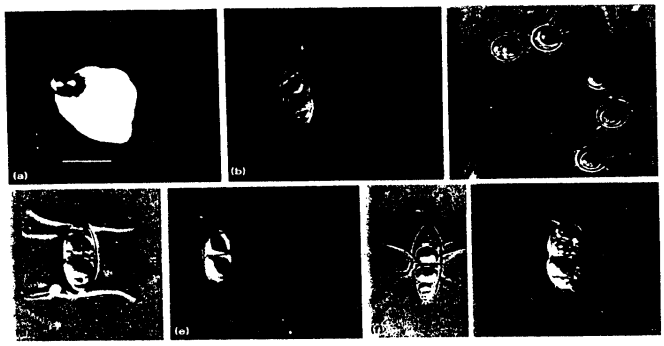
ويتوقف مصير الأخشاب التى يقذفها موج البحر على نوع المنطقة ، ففى المنطقـة

الأولى يتعرض الخشب للتاكل عن طريق تحلل المنطقة الخارجية ، بينما يتعرض الخشب فى المنطقة الثانية للجفاف ، وفى المنطقة الثالثة يظل الخشب رطبا إلى حد ما ، وخاصة فى السطح السفلى الذى تنمو عليه الهيفات الفطرية ، و يمتد نموها إلى حبيبات رمال الشاطئ حولها .

وغالبا ما تتكون أجسام ثمرية أسكية مقفولة ، وأحيانا دورقية على كتل الأخشاب الملقاة على شاطئ البحر فى المنطقة الأولى ، وعلى الجزء السفلى من كتل الأخشاب فى المنطقة الثالثة ، بينما لا تشاهد – عادة – أجسام ثمرية على كتل الأخشاب فى المنطقة الثانية بسبب جفاف سطحها ، بالإضافة إلى ارتفاع الحرارة الذى يعمل على تدهور النموات الميسليومية للفطريات البحرية التى كانت تنمو عليها ، مما يؤدى إلى عدم تكوين أجسام ثمرية .

ومن أهم الفطريات الأسكية المكونة لأجسام ثمرية دورقية ، التى تنمو على السطح السفلى لكتل الأخشاب الملقاة على شاطئ البحر فى المنطقة الثالثة ، وأيضا على حبيبات الرمال حولها ، الفطريات : *Corollospora maritima* ، و *Arenariomyces trifurcata* ، و *Carbosphaerella leptosphaerioides* (شكل ٣ – ٦) .

وبالإضافة إلى الفطريات السابقة ، تنمو بعض الفطريات البحرية الناقصة على كتل الأخشاب الملقاة على رمال شاطئ البحر ، مكونة أجساما حجرية تلتصق بحبيبات الرمال ؛ ومن أمثلة ذلك الفطر *Varicosporina ramulosa* . ولقد أطلق Kohlmeyer & Chales (1981) على كتل النموات الهيفية النامية خلال حبيبات الرمال ؛ مكونة فيها الأجسام الحجرية اسم " الثمرة الحجرية Sclerocarp " ولكن هذا التركيب السابق يختلف عن الأجسام الثمرية الأسكية ذات الفتحة perithecia والتى تكونها الفطريات البحرية التابعة للعائلة Halosphaeriaceae .



شكل (٣ - ٦) : بعض الفطريات الأسكية البحرية .

a = جسم ثمرى أسكى دورقى perithecium للفطر *Corollospora martima* متعلق بحبيبات رمال الشاطئ .

b = جرثومة أسكية لفطر *Corollospora martima* ذات زوائد هيفية طرفية ومحيطية .

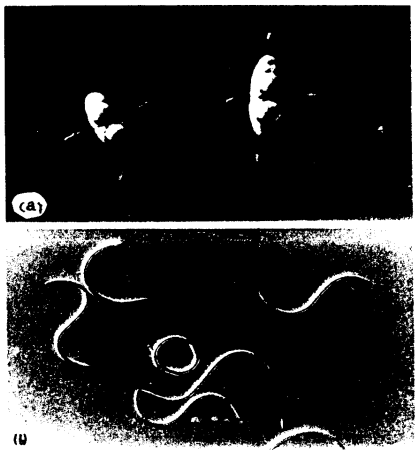
c = جرائيم أسكية للفطر *Amylocarpus encephaloides* .

d = جرثومة أسكية للفطر *Halosphaeria quadriremis* .

e = جرثومة أسكية للفطر *Ceriosporopsis halima* .

f = جرثومة أسكية للفطر *Halosphaeria mediosetigera* .

g = جرثومة أسكية للفطر *Arenariomyces trifurcata* .



شكل (٣ - ٧) : a - الجراثيم الأسكية للفطر البحرى *Ceriosporopsis calyptrata* .
b - الجراثيم الأسكية ذات الشكل الخيطى فى الجنس *Lulworthia* .

ب : الطحالب والأعشاب البحرية :

لقد تم تسجيل حوالى ٥٠ فطرا أسكيًا و ١٥ فطرا ناقصا متطفلا أو مترممـا على الأعشاب البحرية ، ولعل أهم هذه الفطريات *Mycosphaerella ascophylli* ، و *Spathulospora phycophila* . ولقد وصفت خمسة أنواع تابعة للجنس *Spathulospora* كلها متطفلة إجباريًا على الطحالب الحمراء من الجنس *Ballia* فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية ؛ مثال ذلك الفطر *S. phycophila* المتطفل على بعض أنواع الطحالب الحمراء ؛ مثل *B. callitricha* ، و *B. scoparia* .

وعند تطفل هذا الفطر على هذه الطحالب البحرية ، لا تتكون هيفات عادية داخل خلايا الطحلب ، ولكن يكوّن الفطر تركيباتٍ تشبه القشور ، أو تتكون خلايا سميكة

الجدر تحيط بالطحلب ، ثم تتكون فريعيات هيفية صغيرة دقيقة تخترق الجدار الخلوى للطحلب وتنمو داخله .

ويتطفل الفطر *Mycosphaerella ascophylli* على العوائل البحرية *Pelvetia canaliculata* ، و *Ascophyllum nodosum* ؛ حيث تحدث الإصابة فى مرحلةٍ مبكرةٍ بالفطر الممرض الذى ينمو جهازيًا فى أنسجة النبات على صورة شبكيةٍ من الهيفات الفطرية ؛ حيث ينمو حتى تصل هذه الهيفات إلى القمة النامية لكل فرع .

كما تنمو بعض الفطريات على الطحالب البحرية التى تتعلق ببعض النباتات والأعشاب البحرية ؛ حيث يكوّن الفطر والطحلب وحداته التكاثرية معاً ، كما يعتمد الفطر والطحلب كل منهما على الآخر فى النمو والتغذية ؛ مكونا علاقة تبادل منفعةٍ تسمى " أشن Lichens " وعادة ما يتواجد الفطر والطحلب معاً ، ونادراً ما يتواجدان منفردين فى الطبيعة ؛ أى أن الفطر إجبارى الاعتماد على الطحلب ، وهكذا الحال فى الطحلب .

وهناك عديد من أجناس الأشن الساحلية الحقيقية المنتشرة فى الطبيعة ؛ مثل : *Lichina* ، و *Verrucaria* ، كما توجد أجناس أخرى من الأشن يكون التعايش بين الفطر والطحلب فيها أقل ارتباطا ؛ مثال ذلك بعض أنواع الأشن تحت الساحلية ؛ مثل *Ectocarpus fasiculatus* الذى ينمو سطحيًا على بعض النباتات المائية ؛ مثل *Pharcidia laminariicola* ، و *Laminaria* sp. . وفى مثل هذه الحالات فإن الهيفات الفطرية تكون منفصلة عن خلايا الطحلب ، ولا تتكون أنسجة جديدة مشتركة .

جـ – الحيوانات البحرية :

ليس من المألوف وجود فطرياتٍ متطفلةٍ على أسماك البحار ، حتى هذه الفطريات البحرية التى تتطفل على الأسماك المربأة فى بيئاتٍ بحريةٍ صناعية ، فإنها لم تجر عليها دراسات كافية ، وليس من المعروف مدى إصابتها للعشائر السمكية فى أعالى البحار والمحيطات .

ويعتبر الفطر *Ichthyophonus hoferi* ذو الهيفات غير المقسمة من الفطريات

الهامة التى تصيب أسماك السردين ، وكذلك الفطر *Clupea harengus* الذى ينتشر غربى المحيط الأطلنطى . ويلعب هذان الفطران دورا هاما فى تحديد حجم عشائر أسماك السردين فى هذه المنطقة .

وتصاب أسماك السردين بالفطر *I. hoferi* إصابة جهازية ؛ حيث تنمو هيفات الفطر فى أحشاء وعضلات الأسماك على صورة حوصلات صغيرة بيضاء اللون ، وعند اشتداد الإصابة تتحلل الأنسجة ؛ مما يؤدى إلى موت الأسماك المصابة .

وهناك عدد كبير من الفطريات البحرية التابعة للرتب Lagenidiales و Saprolegniales و Peronosporales تصيب بيض ويرقات الحيوانات البحرية اللافقارية . ومن أهم الأمراض التى تشاهد فى مثل هذه الحيوانات البحرية مرض صدف المحار Shell disease of oyster ؛ الذى يصيب نوع المحار *Ostrea edulis* ، والذى يسببه الفطر *Ostracoblabe implexa* ذو الهيفات غير المقسمة . ويعتبر هذا الفطر مستوطنا لمياه سواحل غرب أوروبا ؛ حيث يعمل على ثقب أصداف المحار ، ويحصل – من خلال ذلك – على احتياجاته الغذائية من المواد العضوية الداخلية ، وخاصة البروتين القرنى الذى يعتبر أحد مكونات الصدفة .

ويؤدى نمو الفطر *O. implexa* داخل الأصداف إلى الإضرار بالأنسجة الحية للحيوان ، ولكن عندما يصل الميسليوم الفطرى إلى السطح الداخلى للصدفة ، فإنه يعمل على تهيج الأنسجة الداخلية ؛ حيث يقوم الحيوان بإفراز مزيد من هذا البروتين القرنى حول منطقة التهيج . ويعتبر هذا البروتين القرنى المترسب غذاء مناسبا للفطر الممرض ؛ مما يزيد من سرعة نموه ومهاجمته للأنسجة الداخلية للمحار . وقد تؤدى الإصابة الشديدة إلى تشوه شكل الأصداف المصابة وموت الحيوان الداخلى .

كما تتطفل بعض الخمائر البحرية ؛ مثل : *Metschnikowia bicuspidata var. australis* على جمبرى المياه المالحة *Artemia salina* ؛ حيث يعمل هذا الفطر على القضاء على عشيرة هذا الحيوان القشرى . ويكون الفطر الممرض أكياسا أسكية يحتوى كل منها على جرثومتين أسكيتين طويلتين ذواتى أطراف مدببة تشبه الإبر ، تقذف بقوة من جسم العائل منطلقة فى مياه البحر .

رابعا ـ فطريات الماء العذب Fresh water fungi :

معظم هذه الفطريات تقضى جميع أطوار حياتها فى الماء ؛ حيث إنها تتبع تحت قسم الماستيجومايكوتات Sub-division : Mastigomycotina ، التى تكون أطوارا متحركة من جراثيم هدبية سابحة zoospores كوحدات أساسية للانتشار فى البيئة المائية .

ويندرج تحت فطريات الماء العذب بعض الفطريات الأسكية التى تتبع مجموعات Loculoascomycetes ، Pyrenomycetes ، Discomycetes ، بينما لم تشاهد فطريات مائية بازيدية ، اللهم إلا بعض أطوارها الكونيدية التى تتبع الفطريات الناقصة .

ولقد اهتمت معظم الدراسات التى أجريت على فطريات الماء العذب بدراسة فطريات العفن المائية المكونة للجراثيم السابحة من رتبة السابرولجينيات Saprolegniales ، والتى يمكن عزلها من معظم المياه العذبة فى العالم ؛ مثل : الأنهار ، وبحيرات المياه العذبة ، ومصبات الأنهار والبرك ، والمستنقعات ، والجداول ؛ كما توجد هذه الفطريات فى التربة الرطبة ، وعلى الحيوانات الميتة والمخلفات النباتية والثمار والبذور ، وأحيانا على الحشرات الميتة .

ومن النادر نمو هذه الفطريات السابرولجنية فى بيئتها بصورة سائدة ، حيث يتم عزلها – عادة – باستخدام المصائد الغذائية ؛ وذلك باستعمال مادة غذائية تشجع نموها ؛ مثل حبوب النجيليات ، أو بذور الصليبيات ، أو بيض النمل .

وتتوزع فطريات العفن المائية فى مناطق مختلفة من العالم ، ولكن ليس من المعروف – على وجه الدقة – الدور الذى تلعبه مثل هذه الفطريات فى مواطنها المائية . وإلى الان لم تبذل أية محاولات لمعرفة حجم العشائر الفطرية فى أى نظام مائى حيوى (Hudson, 1986) .

وعادة ما تستخدم طرق كمية لتقدير نشاط الفطريات المائية فى مواطنها الأصلية ، مثال ذلك ما ابتكره (Willoughby (1962 لتحديد عدد الوحدات الحية للفطريات المائية ؛ حيث يدل هذا العدد على النشاط النسبى لهذه الفطريات .

ولكن يجب أن يؤخذ فى الحسبان أهمية عد هذه الفطريات فى بيئتها الطبيعية ؛ حيث

إن أى تغير فى هذه البيئة يعطى نتائج مضللة ، كما أن حجم الجراثيم المتحركة فى بعض الفطريات المائية يكون صغيرا لدرجة تصعب معها رؤيتها بالميكروسكوب الضوئى العادى ، وقد يتم عدّ جراثيم هدبية وجراثيم ساكنة لفطريات مختلفة متشابهة ، يصعب – على غير المتخصص – تمييزها من بعضها ؛ مما يعطى فى النهاية نتائج غير واقعية .

ولقد درس (Willoughby (1962 توزيع الفطريات التابعة لرتبة السابرولجنيات فى مياه البحيرات ؛ وذلك عن طريق جمع عينات من المياه بالقرب من السطح ، ثم خلطها مع بيئة أجار الشوفان ، وصبها فى أطباق بترى معقمة . وبعد فترة من التحضين ظهر الميسليوم غير المقسم الذى يميز هذه الفطريات ؛ حيث تم التعرف على هذه الفطريات عن طريق فحص جراثيمها الهدبية (شكل ٣ – ١١) .

ويتم عد المستعمرات الفطرية على بيئة أجار الشوفان ، وينسب هذا العدد – الذى يمثل عدد الوحدات الحية من الفطر – إلى حجم عينة الماء التى تم الحصول عليها من البحيرة . وتحتاج هذه الطريقة إلى وقت طويل نسبيًا ، بالمقارنة بطريقة المصايد الغذائية السابق الإشارة إليها .

ولقد أظهرت نتائج هذه الدراسة أن عدد الوحدات الفطرية الحية على سطح ماء البحيرة يتفاوت بدرجة كبيرة ؛ فعلى حواف البحيرة يتراوح عدد الوحدات الحية بين ٢٥ و ٥٢٠٠ وحدة لكل ديسمتر مكعب ، بينما كان العدد فى وسط البحيرة أقل من ١٠٠ وحدة لكل ديسمتر مكعب . كما انخفض عدد الوحدات الفطرية فى الربيع عنه فى الصيف والخريف .

وتوضح النتائج السابقة أن عدد الوحدات الحية للفطريات المائية يقل فى مركز البحيرة بالمقارنة بحوافها ، لذلك يطلق على مركز البحيرة فى هذه الحالة اسم " الصحراء الفطرية fungal desert " ، وهذا يتشابه مع البحار المفتوحة . ولعل ذلك يرجع إلى أن المواد العضوية – التى تعتمد عليها مثل هذه الفطريات فى غذائها – تتوفر على حواف البحيرة بالقرب من الشواطئ ؛ حيث تتقاذفها الأمواج من مركز البحيرة إلى حوافها ؛ مما يؤدى فى النهاية إلى زيادة أعداد الفطريات المائية على حواف البحيرة وندرتها فى مركزها .

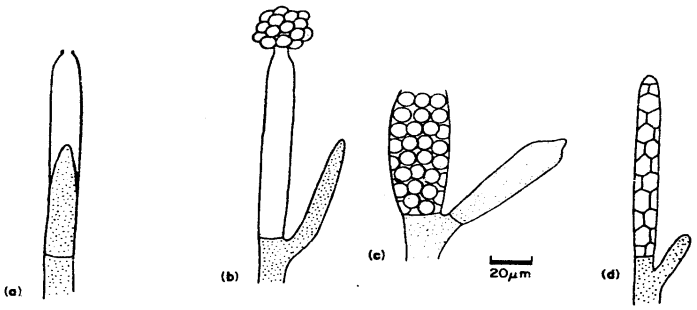
ولقد وجد أن بعض الجراثيم الهدبية والساكنة للجنس *Saprolegnia* من أكثر

الوحدات الفطرية شيوعا فى مياه البحيرات ، تتبعها الوحدات الفطرية للأجناس *Achlya* و *Aphanomyces* ، بينما تقل أعداد الوحدات الفطرية للأجناس *Leptolegnia* و *Dictyuchus* . وتتميز بعض هذه الأجناس بالنمو فى بعض البيئات وعلى بعض المواد المتخصصة ؛ مثل التقاوى ، وجلد انسلاخ الحشرات وأجسامها الميتة ، والتى قد تشاهد طافية على سطح مياه البحيرات .

ومن أهم الفطريات المائية التى تنمو على جلد انسلاخ الحشرات الصغيرة فى مياه البحيرات *Saprolegnia diclina* و *Aphanomyces laevis* ؛ حيث وجدت أعداد كبيرة من الجنس *Saprolgnia* على جلد انسلاخ الحشرات هدبية الأجنحة Trichopetera ، بينما وجدت أعداد من الجنس *Achlya* وأعداد أقل من الجنس *Leptolegnia* على جلد الحشرات متباينة الأجنحة Anisopetera ، وأيضا وجدت أعداد كبيرة من الفطريات *S. diclina* و *A. laevis* على جلد انسلاخ ذبابة الكرونوميد Chironomid fly .

ويُهاجم جلد انسلاخ الحشرات الموجودة فى الماء الضحل – عادة – بعديد من الفطريات المائية خلال ٢٤ ساعة من انفصاله عن الحشرة ، بعكس الحال فى جلد الانسلاخ الذى يستعمل فى المصائد الغذائية ، والذى يُدْفن – عادة – فى التربة على عمق ٤,٥ سنتيمتر ، فإنه قليلا ما تهاجمه الفطريات السابرولجينية ؛ ويرجع السبب فى ذلك إلى أن جلد انسلاخ الحشرات الذى يطفو على سطح مياه البحيرة يكون معرضا للماء والهواء فى نفس الوقت ، وأيضا يكون معرضا لهجوم الجراثيم الهدبية السابحة على سطح الماء ؛ حيث إنها تحتاج إلى مستوى عال من الأكسوجين ، وتقل أعداد هذه الجراثيم الهدبية كلما تعمقنا عن سطح مياه البحيرة سنتيمترات قليلة .

وعند دراسة توزيع هذه الفطريات المائية على شواطئ البحيرات ، وُجِدَت نسبة عالية منها فى الطين المكون لشاطئ البحيرة ؛ وهذا ينطبق على توزيع الفطريات البحرية على سواحل البحار والمحيطات ، ولكن نلاحظ انخفاضا معنويًا ومفاجئاً فى أعداد هذه الفطريات المائية إذا ابتعدنا مترا واحدا عن الشاطئ . والسبب فى ذلك يرجع إلى احتواء الطين المكون لشاطئ البحيرات على قليل من الماء الراكد ، الذى يحتفظ بملايين من الجراثيم الهدبية الحية لهذه الفطريات المائية .



شكل (٣ - ٨) : تحرر الجراثيم الهدبية فى رتبة فطريات السابرولجنيات Saprolegniales .

a = الجنس *Saprolegnia* بعد تحرر الجراثيم الهدبية الأولية، يتكون كيس أسبورانجى ثان من خلال الكيس الأول الفارغ .

b = الجنس *Achlya* : جراثيم هدبية أولية تتراكم عند فوهة الكيس الإسبورانجى ، بينما يتكون كيس أسبورانجى جديد جانبيا .

c = الجنس *Thraustotheca* : حوصلة جراثيم هدبية أولية داخل كيس أسبورانجى ؛ حيث يتم تحرير الجراثيم الهدبية عن طريق تحلل جدار الكيس .

d = الجنس *Dictyuchus* : حوصلة جراثيم هدبية أولية داخل كيس أسبورانجى ؛ حيث تتحرر منها جراثيم هدبية ثانوية . ويلاحظ تكوين كيس أسبورانجى جديد جانبيا .

وتختلف أجناس وأنواع الفطريات المائية فى قدرة احتفاظ جراثيمها الهدبية بحيويتها فى هذا الطين الرطب المكون لشواطئ البحيرات . فعلى سبيل المثال يلاحظ أن المناطق التى ترتفع عن مستوى ماء البحيرة – وهى مناطق أرضية جافة عادة – تتميز بوجود كائنات حية دقيقة مختلفة ؛ منها بعض الفطريات المائية ؛ مثل : *S. terestris* ، و *Saprolegnia litorales* ، و *Achlya sparrowii*، و *Scoliolegnia asterophora* ، بينما تتميز المناطق الساحلية الرطبة من حافة البحيرة بوجود أنواع مختلفة من الجنسين *Achlya* و *Saprolegnia* .

وحيث إن هذه المنطقة من البحيرة يعيش فيها عديد من النباتات والحيوانات البحرية الصغيرة ، فإن الفطريات تتغذى فيها على المخلفات العضوية الناتجة من هذه الكائنات الحية ، وتوفر لها – فى الوقت نفسه – مواد أخرى صالحة لتغذيتها . إنه توازن غذائى دائم ومستمر .

١ – الفطريات الكيتريدية Chytridiomycetes :

توجد هذه الفطزيات على حواف البحيرات ذات الماء العذب أو المالح ، وخاصة فى المناطق الضحلة ، وأيضا فى بعض الأماكن التى يكون فيها الماء راكدا . ولقد وجد حوالى ٣٦ نوعا من الفطريات الكيتريدية ؛ من أهمها الفطر *Phlyctorhiza variabilis* الذى ينمو فى الماء الضحل ، والفطر *Rhizophlyctis rosea* الذى يعتبر من الفطريات الكيتريدية الأرضية . وهذا يوضح أن الفطريات الكيتريدية – شأنها فى ذلك شأن الفطريات السابرولجينية – ليست كلها فطريات مائية ، ولكن يوجد بينها أفراد أرضية المنشأ .

وتوجد عديد من الفطريات الكيتريدية فى التربة ؛ فإذا أخذ حوالى ثلاثة جرامات من التربة فى طبق بترى يحتوى على بيئة مغذية ، وغمر سطحها بماء معقم ، فإنه بعد ٢ – ٣ أيام من التحضين على حرارة ٢٠°م تظهر عديد من هذه الفطريات .

ومن أهم هذه الفطريات ، الفطر *R. rosea* ذو القدرة الكبيرة على تحليل السيليلوز ؛ لذلك تضاف – عادة – قطع من شرائح السيلوفان فى البيئة الغذائية إلى هذا الفطر كمصدر للكربون ؛ وذلك بعد غليانها فى الماء فترة تكفى لإزالة مادة plasticizer التى تضاف فى صناعة السيلوفان لزيادة ليونته .

ونظرا للتركيب البسيط لهذه الفطريات ، فإن تمييزها عن غيرها من الفطريات البدائية الأخرى يكون صعبا ؛ وهذا بدوره يصعب من دراستها فى بيئتها الطبيعية . و تلعب الفطريات الكيتريدية دورا كبيرا فى البيئة من حولها ؛ حيث إن بعض أفرادها يتطفل على الطحالب الصغيرة العالقة على سطح الماء ؛ مثل الدياتومات diatoms ، والطحالب النهرية الدقيقة desmids ، والطحالب الخضراء الخيطية .

وحيث إن هذه الطحالب تعد بمثابة حلقة فى السلسلة الغذائية للحيوانات المائية ، فإن مهاجمتها بهذه الفطريات يجعلها ضارة للإنسان بطريقة غير مباشرة . كما تلعب هذه

الفطريات دورا بيئيًا هاما فى تحليل بقايا الطحالب والنباتات والحيوانات البحرية الأخرى .

ويمكن دراسة هذه الفطريات دراسة مباشرةٍ فى بيئتها الطبيعية التى تنمو فيها باستعمال المكيروسكوب الضوئى العادى ، وكذلك يمكن دراستها بطريقة المصايد الغذائية باستعمال مواد مختلفةٍ ؛ مثل : حبوب اللقاح ، وسيليلوز أوراق السيلوفان ، وجلد انسلاخ الثعابين ، وأجنحة الحشرات المحتوية على الكيتين ، والشعر المحتوى على الكرياتين .

وتضم الفطريات الكيتريدية بعض الفطريات المتطفلة داخليًا endoparasitic chytrids ؛ حيث أثبتت أولى الدراسات التى أجريت على مثل هذه الفطريات تطفلها على الدياتوم *Asterionella formosa* ؛ الذى يكوّن مستعمراتٍ تتجمع فيما بينها ؛ مكونة شكلاً شعاعيًا يشبه دعامات عجلة الدراجة (شكل ٣ – ٩) .

ويتطفل عديد من أنواع الفطريات الكيتريدية على هذا الدياتوم ؛ مثل فطريات : *Zygorrhizidum affluens* ، و *Rhizophydium planktonicum* ، و *Z. planktonicum* ، والتى تتشابه فيما بينها فى شكلها الخارجى .

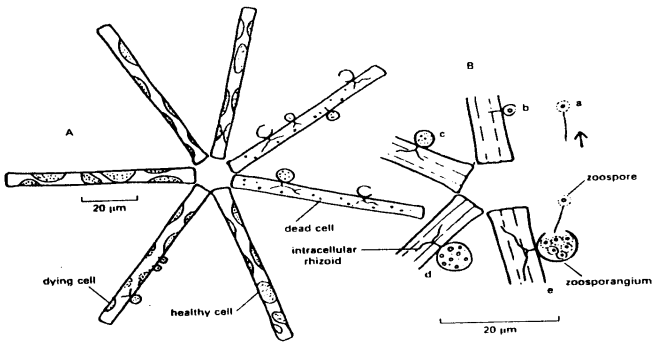
وتتطفل هذه الفطريات داخليًا ؛ حيث يتم ذلك بتكوين جراثيم وحيدة السوط الخلفى تتحرر من الحافظة الجرثومية zoosporangium ، حيث تسبح كل جرثومة بعد تحررها لفترة ما ، ثم تتحوصلل خارج خلية العائل (الدياتوم) ، بعد أن تسحب سوطها الوحيد أو تفقده .

وبعد فترة سكون قصيرة ، تنبت الجرثومة حيث يتكون منها أشباه جذور شبه خيطيةٍ تهاجم مستعمرة الدياتوم الشعاعية الشكل . وبعد حوالى ٢ – ٣ أيام من العدوى تنضج الأكياس الأسبورانجية sporangia وتنفصل منها جراثيم وحيدة السوط الخلفى . وتعمل زيادة شدة الضوء على زيادة العدوى ، وقد يرجع ذلك إلى حث الجراثيم وحيدة السوط الخلفى على الحركة ، وربما تجعل العائل أكثر قابلية للعدوى (Canter & Jaworski, 1980 , 1981) .

كما تعمل إصابة مستعمرة الدياتوم من الجنس *Asterionella* بواسطة الفطر *R. planktonicum* إلى اختزال عدد الخلايا فى المستعمرة ؛ ويرجع هذا التأثير – غالبا – إلى عدم قدرة خلايا الدياتوم المصابة على الانقسام بطريقةٍ عاديةٍ . وقد

يؤدى الانتشار الوبائى للفطر الممرض إلى نقص تركيز الدياتوم فى الطبقة السطحية من مياه البحيرة بعمق حوالى ٥ سنتيمترات .

وتترمم بعض الفطريات الكيتريدية على عديد من المواد العضوية الطبيعية ؛ مثل حبوب لقاح أشجار الصنوبر ؛ حيث يطلق عليها اسم " الكيتريديات المترممة saprophytic chytrids " وعند نثر بعض حبوب اللقاح على سطح مياه البحيرة ، فإن بعض هذه الفطريات تنمو عليها .



شكل (٣ - ٩) : الفطر *Rhizophydium planktonicum* المتطفل على الدياتومات (عن Canter & Lund. 1948) .

A = مستعمرة سليمة للدياتوم من الجنس *Asterionella* - متكونة من سبعة دياتومات - مكونة الشكل الشعاعى النموذجى ، حيث تظهر أربعة منهم حية ، وواحدة مصابة بالفطر الممرض ، واثنين فى مرحلة متقدمة من الإصابة .

B = مستعمرة من الدياتوم السابق مصابة بالفطر الممرض ، وتظهر على أذرع المستعمرة الأكياس الإسبورانجية للفطر الممرض موضحة دورة الحياة اللاجنسية .

ويمكن أخذ عينة من هذه المياه فى المعمل وتخفيفها باستعمال ماء معقم ، مع إضافة حبوب لقاح الصنوبر المعقمة ؛ حيث يمكن – من خلال ذلك – التقدير الكمى لتركيز الجراثيم الهدبية للفطريات الكتيريدية فى عينة ماء البحيرة . وتتشابه هذه الطريقة مع طريقة العدد الأكثر احتمالا Most Probable Number (MPN) المستعملة فى عد خلايا البكتيريا .

٣ – الفطريات المائية البيضية Aquatic Oomycetes :

لا تنسب هذه الفطريات إلى الفطريات الحقيقية (Eumycota) true fungi التى ينسب إليها الفطريات الزيجية والأسكية والبازيدية ؛ حيث تتكاثر لاجنسيًا بتكوين جراثيم هدبية ذات هدبين مختلفين فى الطول والشكل ، أحدهما بهرجانى tinsel أمامى ، والثانى كرباجى whiplash خلفى . وتوضع هذه الفطريات – عادة – فى مملكة خاصة تسمى " Kingdom : Heterokonta " مع غيرها من الكائنات المشابهة لها (Dick, 1989) .

ومن أهم الرتب التابعة لهذه الفطريات ما يلى :

أ – رتبة ليبتوميتالات *Leptomitales* :

ويتبعها أكثر من عشرين نوعا من الفطريات المائية المترممة ذات الميسليوم غير المقسم ، التى تتكاثر لاجنسيا بتكوين حوافظ جرثومية ، تتحرر منها جراثيم سابحة ثنائية الأسواط . ويتم التكاثر الجنسى بواسطة تلامس الحوافظ الجاميطية ؛ حيث يحتوى كل عضو تأنيث (أوجونة ogonium) على بيضة واحدة محاطة بطبقة سميكة من البرتوبلازم المحيطى periplasm .

وتنمو معظم أفراد هذه الرتبة على المخلفات العضوية النباتية فى البيئة المائية ؛ مثل أوراق وأفرع الأشجار والثمار ، وتختلف احتياجاتها البيئية حسب أجناسها . فعلى سبيل المثال تنمو الأجناس *Apodachlya* و *Sapromyces* فى الماء العذب الجيد التهوية المحتوى على نسبة كافية من الأكسوجين ، بينما يعتبر الجنس *Aqualinderella* لاهوائى إجباريا ؛ حيث ينمو جيدا فى الماء المحتوى على نسبة عالية من ثانى أكسيد الكربون ؛ لذلك يوجد على الثمار المغمورة فى ماء أنهار المناطق الاستوائية وتحت

الاستوائية . ويثبط وجود الأكسوجين نمو هذا الفطر ، بينما يشجع نموه زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى نسبة تتراوح بين ٥ ٪ و ٢٠ ٪ .

وينتشر الفطر *Leptomitus lacteus* فى مياه الأنهار الملوثة بمخلفات الصرف الصحى ذات رقم الحموضة المنخفض ؛ لذلك يطلق عليه اسم " Sewage fungus " . وهناك فطريات أخرى تلائمها مثل هذه البيئة ؛ مثل الفطر *Fusarium aqueductum* ، والفطر *Geotrichum candidum* ، بالإضافة إلى أنواع عديدة من البكتيريا والطحالب .

ولقد أمكن عزل الفطر *L. lacteus* من الأنهار ذات المياه العذبة غير الملوثة ، ومن حواف البحيرات ، كما وجد هذا الفطر متطفلا خارجيا على بعض أسماك الماء العذب.

وعند دراسة الاحتياجات الغذائية لهذا الفطر فى المعمل ، وجد أنه لا يستطيع الاستفادة من السكريات البسيطة – مثل السكروز – كمصدر كربونى ، ولكنه يستطيع النمو على الأحماض العضوية والدهنية التى تتوفر فى مياه الصرف الصحى ، بينما لا يمكنه الاستفادة من المصادر النتروجينية غير العضوية . وهو فطر هوائى محب للأكسوجين ، ولكنه يستطيع تحمل غيابه لفترة محدودة .

ب – رتبة سابرولجينات *Saprolegniales* :

تعد هذه الرتبة من أكثر الرتب التى ينتشر أفرادها فى الماء العذب ؛ حيث يطلق عليها – عادة – مجموعة فطريات العفن المائية water moulds . وتنتشر هذه الفطريات فى جميع المسطحات المائية فى العالم ؛ حيث تنمو على المخلفات النباتية والحيوانية فى الماء العذب ، كما تنمو على الطين ، وتوجد كذلك فى التربة .

وتستطيع بعض أنواع الفطريات التابعة لهذه الرتبة إحتمال نسبة معينة من ملوحة المياه لا تزيد عن ٢,٨٪ ، خاصة عند مصبات الأنهار . وتتميز هذه الفطريات بتكوين غزل فطرى يتكون من هيفات غير مقسمة غزيرة التفرع . تتفاوت أقطارها إلى حد كبير .

وتنتج هذه الفطريات أكياسا تحتوى على جراثيم سابحة zoosporagia تتكون طرفيا وتأخذ – عادة – الشكل الأسطوانى ، ويكون قطرها أكبر قليلا من قطر الهيفا الفطرية

المنتجة لها . وتمتلىء الحوافظ الجرثومية ببروتوبلازم محبب مما يعطيها لونا رماديا عند فحصها ميكروسكوبيا .

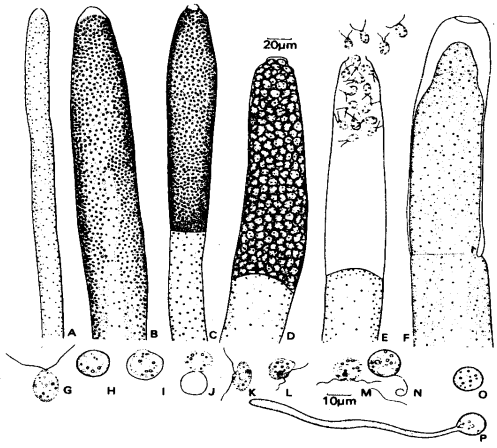
وتختلف طريقة تكوين تلك الحوافظ الجرثومية فى هذه الفطريات ، ففى الفطر *Saprolegnia* (شكل ٣ - ١٠) تتكون الحافظة الجديدة من الحاجز القاعدى للحافظة الجرثومية السابقة والتى افرغت محتوياتها من الجراثيم الهدبية ، حيث تعرف الحافظة الجديدة - حينئذ - باسم الحافظة الجرثومية الثانوية secondary zoosporangium .

ويوجد طرازان من الجراثيم السابحة فى عائلة السابرولجينيات ، الأول جراثيم سابحة أولية primary zoospores - وهو أول الأطوار المتحركة - ذات شكل كمثرى وتحمل سوطين عند قمتها ، والثانى جراثيم سابحة ثانوية secondary zoospores - ثانى الأطوار المتحركة - ذات شكل كلوى وتحمل سوطين متضادى الإتجاه عند الجانب المقعر منها (شكل ٣ - ١١) .

وبعض هذه الفطريات متطفل على النباتات وعلى الأسماك والحيوانات القشرية وغيرها من الأحياء المائية ؛ فمثلا يتطفل الفطر *Aphanomyces astaci* على جراد البحر (*Astacus astacus*) cray fish مسببا موتا كاملا لعشائره ، ولقد سبب هذا الفطر خسائر فادحة لهذه الحيوان القشرى فى السويد .

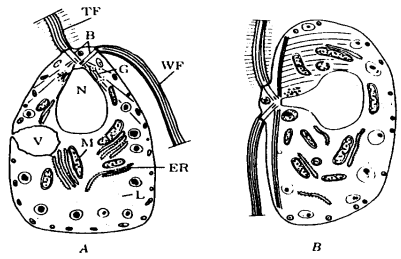
ويظهر هذا الفطر المتطفل *A. astaci* تأقلما واضحا مع عائلة الحيوان القشرى ؛ حيث يفرز كمية كبيرة من الإنزيم المحلل للكيتين chititinase اللازم لإحداث العدوى . وعند اختبار ٢٥ مصدرا كربونيا مختلفا لنمو هذا الفطر فى المعمل ، وجد أن أفضل مصدر كربونى هو الجلوكوز ، وهو سكر دم جراد البحر .

وهناك أنواع تتبع الجنس *Saprolegnia* تسبب أمراضا للأسماك ، ولكن من الصعب تحديد أى الأنواع تصيب الأسماك المجروحة ، وأيها يصيب الأسماك السليمة ؛ حيث يصعب تمييز الأنواع الجرحية من غيرها . وعلى أية حال فإن خدش أو جرح أسماك الماء العذب يؤدى - عادة - إلى الإصابة بفطريات العفن المائية ، ويزيد من معدل موت هذه الأسماك . وعند عدوى الأسماك المجروحة من النوع *Platypoecilus maculatus* بالجراثيم الهدبية للفطر *Saprolegnia parasitica* تحت ظروف المعمل، فإنها تؤدى إلى موت هذه الأسماك خلال ٢٤ ساعة .



شكل (٣ – ١٠) : الكيس الإسبورانجى للفطر *Saprolegnia* .

A = قمة هيفا جسدية .
B-D = مراحل تكوين الكيس الإسبورانجى المحتوى على جراثيم هدبية zoosporagium .
E = تحرر الجراثيم الهدبية من الكيس الإسبورانجى .
F = تكوين كيس إسبورانجى جديد من خلال الكيس الفارغ .
G = جرثومة سابحة أولية (أول طور متحرك) .
H = حوصلة متكونة بعد المرحلة الأولى من السباحة (حوصلة أولية) .
I-J = إنبات الحوصلة الأولية وتكوين الطور المتحرك الثانى (جراثيم هدبية ثانوية) .
K-M = جراثيم هدبية ثانوية .
N = جرثومة هدبية ثانوية لحظة تحوصلها ، ويلاحظ فقد الأهداب .
O = حوصلة ثانوية .
P = إنبات الحوصلة الثانوية مكونة أنبوب إنبات .



شكل (٣ – ١١) : رسم تخطيطى يوضح قطاع طولى فى جرثومة هدبية أولية (A) وأخرى ثانوية (B) لفطر العفن المائى *Saprolegnia* .

TF = tinsel flagellum سوط ريشى (بهرجانى) .
WF = whiplash flagellum سوط كرباجى .
N = نواة
M = ميتوكوندريا .
B = الأجسام القاعدية basal bodies .
ER = الشبكة الاندوبلازمية .
L = قطيرات زيتية .
G = جسم جولجى .
V = فقاعة مائية .

ولقد أثار دور هذا الفطر الممرض للأسماك جدلاً علمياً طويلاً ، وخاصة مسئوليته عن أمراض الجلد الخطيرة لأسماك السلمون الناضجة وسمك التروته البنى (السمك المرقط) . وتظهر أعراض هذا المرض على شكل قروح ذات فتحاتٍ خارجيةٍ على جلد الأسماك المصابة . ويعرف هذا المرض فى العالم منذ عام ١٨٦٠ ، وقد زاد انتشاره فى عدة مناطق ، ثم بدأ فى الانحسار تدريجًيا بعد ذلك .

وتبدأ ظهور أعراض هذا المرض على أسماك السلمون (*Salmo salor*) خلال هجرتها للتزاوج ووضع البيض ؛ وذلك عند خروجها من ماء البحر ودخولها إلى الماء

العذب . والمسبب الرئيسى لهذا المرض غير معروف ، وقد يكون فيروسا ؛ حيث تبدأ الأعراض على صورة بقع صغيرة ميتة على أجزاء الجلد العارية من القشور ؛ مثل جلد الرأس .

وتكبر هذه البقع الصغيرة باستمرار ، ولكن قد تشفى هذه الأسماك المصابة فى خلال فصل الربيع والصيف ، ولكن عند انخفاض درجة الحرارة فى فصلى الشتاء يعود المرض للانتشار ، وتظهر هذه البقع الميتة مرة أخرى .

ولقد لوحظ وجود الفطر *S. parasitica* على هذه البقع الميتة ؛ حيث ينتشر الميسليوم الفطرى ، ويصيب الجهاز العضلى للأسماك المصابة ، ويخترق هذا الميسليوم العضلات إلى عمق كبير ، يصل إلى ١٥ ملليمترا بعيدا عن الجلد المصاب .

وفى هذه المرحلة تموت الأسماك المريضة بسرعة ؛ بسبب هبوط دورتها الدموية الناتج عن انخفاض اسموزية محلول الدم . ويبدو أن هذا الفطر يصيب الأسماك كفطر جرحى، وخاصة فى المناطق الباردة ، أو عند انخفاض درجة الحرارة فى فصل الشتاء . وقد تزداد حالة الأسماك المصابة سوءًا إذا اشتركت البكتيريا المائية فى مهاجمة الأسماك المصابة .

ويهدد الفطر *Saprolegnia parasitica* مصادر الثروة السمكية فى الأنهار ومصباتها ، وفى المزارع السمكية ، وأحواض التربية ، وأحواض أسماك الزينة ؛ حيث تعتبر الأسماك ذات الزعانف الطويلة أكثر عرضة للإصابة بالفطر من غيرها من الأسماك .

ويهاجم الفطر الأسماك من خلال جروح الجلد ، وأيضا فتحات الخياشيم والفم والعيون ، وعند اشتداد العدوى يخترق الفطر الأنسجة العضلية . وتستقر الهيفات الفطرية خلال فصل الشتاء فى التجويف الأنفى للأسماك على صورة حزمة هيفية ، وقد تتدلى من فتحة الأنف فى صورة خيوط رفيعة ؛ حيث يسمى هذا المرض – عندئذٍ – مرض ستاف Staff`s disease نسبة إلى العالم البولندى Staff الذى وصفه لأول مرة عام ١٩٢٥ .

ويلاحظ أن هذه الهيفات الفطرية المتدلية من فتحة أنف الأسماك المصابة تزداد نموًا بعد انتهاء فصل الشتاء ؛ وتهاجم جسم السمكة ؛ فتظهر عليها خصل من خيوط بيضاء

تتشعب خارج الجسم ؛ حيث تتعلق بها بعض الشوائب العالقة بالماء ؛ مما يعطيها لونا رماديًا قذرا ، ويؤدى ذلك إلى إصابة عيون الأسماك بالفطر ؛ فتفقد بصرها ، وتكف عن التغذية ، ثم تموت بعد ذلك ، ويطلق على هذا المرض " Saprolegniasis " (شكل ٣ - ١٢) .

وتحدث العدوى بالفطر *S. parasitica* فى أسماك المزارع عن طريق الجروح المفتوحة فى جسم السمكة ، كما أن أى خدش فى جلد السمكة ، أو الإصابة بأى طفيل خارجىّ قد يؤدى إلى تثبيت هيفات الفطر وانتشارها داخل جسم السمكة .

ويتوقف تقدم المرض على الظروف الخارجية . ففى الأسماك الضعيفة يكون النمو الفطرى سريعا ، فى حين يحتاج الأمر إلى فترة طويلة - قد تمتد إلى أسابيع - لكى تظهر بقعة ميتة على جلد السمكة السليمة يمكن رؤيتها بالعين المجردة . وتشتد الإصابة بهذا الفطر بانخفاض درجة الحرارة ، كما تصبح الأسماك أكثر حساسية للعدوى فى موسم تناسلها .

شكل (٣ - ١٢) : سمكة مصابة بالمرض الفطرى (Saprolegniasis) .

ويعتبر هذا الفطر مسببا رئيسيًا لأمراض أسماك الزينة التى يربيها الهواة فى الأحواض الزجاجية ، لذلك يراعى - عادة - وضع قطع من الأحجار الجيرية فى قاع الحوض لتجنب قلوية الماء ؛ حيث تؤدى زيادة القلوية إلى تأكل الطبقة الهلامية التى تحيط بجسم السمكة ؛ مما يجعلها أكثر عرضة للإصابة بالفطر .

ومن الفطريات الأخرى الممرضة للأسماك والتى تتبع رتبة Saprolegniales الفطر *Branchiomyces* spp. ؛ الذى يهاجم خياشيم الأسماك مسببا تعفنها ، ويطلق على هذا المرض " Branchiomycosis " .

وهناك نوعان من هذا الفطر : الأول *B. sanguinis* الذى يسبب تعفن خياشيم أسماك الكارب والسمك الذهبى وسمك أبو شوكة والتنش ؛ حيث يهاجم الفطر الأوعية الدموية بالقوس الخيشومى والخيوط الخيشومية .

أما النوع الثانى من هذا الفطر *B. demigrans* ، فهو يسبب مرض تعفن خياشيم أسماك الكراكى ؛ حيث تظهر أعراض الإصابة على صورة نموات هيفية ذات تفرع شجيرىّ على خياشيم الأسماك المصابة .

ويسبب الفطران السابقان اختناقا للأسماك المصابة ؛ مما يجعلها تتوقف عن التغذية، وتطفو بالقرب من سطح الماء . وتظهر على الخياشيم بقع ذات ثقوب وكدمات ، مع تكوين غشاءٍ كاذبٍ على الخياشيم التى تبدو شاحبة اللون . ويرجع اللون الشاحب لخياشيم الأسماك المصابة إلى نمو الهيفات الفطرية داخل الأوعية الدموية للخياشيم ؛ مما يعوّق الدورة الدموية ، ويؤدى – فى النهاية – إلى موت الأسماك المصابة .

كما تعمل البكتيريا المائية على تعفن الخياشيم كإصابة ثانويةٍ ؛ مما يجعلها تتآكل ولا يتبقى منها سوى الدعامات الغضروفية . وتزداد الإصابة بالفطر *B. demigrans* صيفا، ويساعد تراكم المواد العضوية فى أحواض تربية الأسماك بالمزارع السمكية على اشتداد العدوى .

* طرق عزل الفطريات السابرولجينية :

١ – **المصايد الغذائية** : تستعمل – عادةً – بعض المواد الغذائية التى تفضلها هذه الفطريات فى التغذية ؛ مثال ذلك الحشرات الميتة ، وبذور القنب المغلية ؛ حيث تترك هذه المواد الغذائية طافية على سطح الماء لفترةٍ . ويتوقف نجاح اصطياد الفطر على حركة الجراثيم الهدبية وانجذابها كيماويًا ناحية المواد المستعملة كطعم .

٢ – **طريقة مزرعة الآجار** : تضاف عينة من مياه البحيرة أو النهر إلى بيئة أجار الشوفان بعد تعقيمها وتركها تبرد قليلا . وبعد صبها فى أطباق " بترى " المعقمة ، تقطع بيئة الاجار بعد تصلبها إلى قطع صغيرةٍ ، وتنقل إلى أطباق بترى أخرى تحتوى على ماءٍ معقم . وبعد التحضين لفترةٍ كافيةٍ يلاحظ ظهور نموات لهيفاتٍ فطريةٍ – وأحيانا أكياسا إسبورانجية – نامية من

قطعة الأجار . ويمكن حساب عدد الوحدات الفطرية المتكونة لكل لتر من ماء البحيرة .

٣ – **طريقة كاربوكسى مثيل سيليلوز (CMC)** : تعتمد هذه الطريقة على احتواء البيئة الغذائية المستعملة على عناصر غذائية قليلة ؛ مما يقلل من معدل التلوث بالفطريات الأخرى . وقد تستعمل بعض المضادات الحيوية مثل pimaricin ؛ حيث يهيئ ذلك الفرصة لظهور الفطريات البيضية دون غيرها من الفطريات الأخرى .

٤ – **طريقة الطرد المركزى** : يؤدى الطرد المركزى لعينة مياه البحيرة إلى تركيز الوحدات الفطرية للفطريات المائية قبل استعمالها فى العزل . وتفيد هذه الطريقة عندما يكون تركيز الوحدات الفطرية قليلا فى العينة .

٥ – **الفحص الميكروسكوبى المباشر** : يمكن – فى بعض الحالات – فحص عينات المياه المحتوية على وحدات الفطريات المائية فحصا مباشرا باستعمال الميكروسكوب الضوئى العادى ، وخاصة إذا احتوت هذه العينات على بعض السمك الذى ينمو عليه فطريات تتبع العائلة Saprolegniaceae ، وكذلك وجود أجزاء حشرية ينمو عليها فطريات تتبع نفس العائلة السابقة . وتفيد مثل هذه الدراسات فى التعرف على طبيعة البيئة التى ينمو عليها أفراد هذه الرتبة فى المياه العذبة ، ونوع المواد العضوية التى تفضلها فى التغذية .

* توزيع الفطريات السابرولجينية :

عند عزل الفطريات التابعة للعائلة Saprolegniaceae من أماكن مختلفة من البحيرات والأنهار ؛ مثل مركز المسطح المائى وحوافه ، وذلك باستعمال طريقة المصائد الغذائية السابق الإشارة إليها ، وكذلك عن طريق أخذ عينات من مياه البحيرة من أماكن مختلفة .. أظهرت نتائج مثل هذه الدراسات وجود الفطريات السابرولجينية على حافة البحيرة بأعلى تركيز ، بينما تقل هذه الفطريات فى مركز البحيرة وعلى الشاطئ الطينى لها .

وتؤثر عوامل كثيرة على أعداد هذه الفطريات ؛ منها رقم الحموضة pH-value ، التى تتغير تبعا لكفاءة التمثيل الضوئى الذى تقوم به بعض الطحالب والحشائش المائية . فمثلا عندما يقل ثانى أكسيد الكربون فى مياه البحيرة – نتيجة استخدامه فى التمثيل

الضوئى – يرتفع رقم الحموضة فى ماء البحيرة ، وخاصة إن كان محتواها من أملاح البيكربونات قليلا ؛ لذا يجب عدم الاعتماد على قياس رقم حموضة عينة ماء البحيرة دون أن يؤخذ فى الحسبان محتواها من الأملاح الذائبة ؛ حيث إن ذلك قد يؤدى إلى نتائج مضللةٍ .

ولقد قسم (Lund (1934 الوسط المائى – من حيث رقم حموضته – إلى خمسة أقسام ؛ هى :

١ – **وسط مائى عالى الحموضة** : ويتراوح رقم حموضته بين ٣,٥ و ٤,٥ ، وهو يناسب بعض الفطريات التابعة لهذه العائلة ؛ مثل : *Saprolegnia delica* ، *S. litoralis* ، و *S. diclina*.

٢ – **وسط مائى قليل الحموضة** : ويتراوح رقم حموضته بين ٥,٥ و ٦,٨ ، ولا تشاهد فى هذا الوسط أية فطرياتٍ بيضيةٍ .

٣ – **وسط مائى متعادل الحموضة** : ويتراوح رقم حموضته بين ٥,٣ و ٧,٥ ؛ وهو يناسب الفطريات : *Dictyuchus sterile* ، و *S. diclina* .

٤ – **وسط مائى متعادل القلوية** : ويتراوح رقم حموضته بين ٦,٥ و ٧,٧ ؛ وهو يتميز بتوفر المواد العضوية المتحللة ، ويناسب وجود الفطريات : *Achlya radiosa* ، و *S. monoica* ، و *S. ferax* .

٥ – **وسط مائى قليل القلوية** : ويتراوح رقم حموضته بين ٧ و ٨,٤ ؛ وهو يناسب الفطريات : *Aphanomyces laevis* ، و *S. hypogyna* ، و *S. ferax* .

ولا تتواجد الفطريات التابعة للعائلة Saprolegniaceae فى مياه البحار ، والتى تصل نسبة الملوحة فيها إلى حوالى ٣,٥ ٪ ؛ وذلك راجع إلى عدم قدرة هذه الفطريات على تحمل نسبة ملوحةٍ تزيد على ٢,٨ ٪ .

ولقد وجد كثير من الباحثين (مثل Ince & Armstrong 1990) انخفاضاً فى نسبة إنبات الجراثيم الهدبية وتثبيط نمو ميسليوم هذه الفطريات عند زيادة نسبة الملوحة إلى حوالى ١,٠ ٪ (أى حوالى ثلث تركيز ماء البحر) . وتؤثر هذه الزيادة فى ملوحة المياه على معدل التنفس الذى يقل معنويًا ، كما لا يستطيع الفطر التكاثر جنسيًا . ولقد لوحظ عند الفحص الميكروسكوبى لهيفات الفطر – تحت هذه الظروف – حدوث بلزمة .

ومن المشاهدات الجديرة بالتسجيل ، قدرة بعض هذه الفطريات على تحمل الملوحة لفترة ما ؛ مثال ذلك تحمل الفطر *Saprolegnia parasitica* المسبب لمرض تحلل الأنسجة فى أسماك السلمون ؛ حيث تتم الإصابة بالفطر خلال وجود الأسماك فى أنهار الماء العذب . وعند هجرة أسماك السلمون إلى البحار للتزاوج ووضع البيض ، ويتحمل الفطر تلك الظروف الجديدة ، ويعود إلى نشاطه عند عودة الأسماك مرة أخرى إلى النهر .

جـ – رتبة بيرونوسبورات Peronosporales :

تنتشر أفراد هذه الرتبة كمتطفلات أو مترممات على النباتات أو فى التربة ، بينما تتبعها عائلة واحدة ؛ هى Pythiaceae التى توجد أفرادها فى بيئة الماء العذب ؛ حيث يمثلها الجنسان *Pythium* و *Phytophthora* . ولقد أمكن عزل بعض الأنواع التابعة للجنس *Pythium* من ماء الأنهار ؛ وذلك باستعمال بيئة خاصة تحتوى على السيليلوز وبعض المضادات الحيوية التى لا تؤثر على نمو الفطر ؛ مثال ذلك المضاد الحيوى بيماريسين pimaricin ، و فانكوميسين vancomycin . ولقد تم عزل جراثيم هدبية سابحة للفطريات : *P. fluminum* var. *fluminum*، و *P. fluminum var flavum* ، و *P. uladhum* .

٣ – الفطريات الأسكية :

تعتبر الفطريات الأسكية شائعة الانتشار فى بيئة المياه العذبة ، بعكس الحال فى الفطريات البازيدية . ويلاحظ فى حالة الفطريات الأسكية المائية قيام الكيس الأسكى بوظيفة الكيس الأسبورانجى فى الماء .

وعلى الرغم من أن بعض أفراد الفطريات الأسكية الأرضية التى – تكون أجساما ثمرية مفتوحة apothecia – فإن حواف الجسم الثمرى فيها تكون منثنية إلى أعلى ؛ وذلك لحماية الطبقة الخصيبة من سقوط قطرات المطر ؛ حيث يؤدى بلل الجسم الثمرى المفتوح إلى إعاقة انطلاق الجراثيم الأسكية ، إلا أن الفطريات الأسكية المائية (المكونة للأجسام الثمرية المفتوحة) لها ميكانيكية خاصة تسمح لجراثيمها الأسكية بالانطلاق فى الماء .

ومن فطريات المياه العذبة الأسكية الفطر *Leptosphaeria lemaneae* ؛ وهو يشابه الفطر الأسكى البحرى *Mycosphaerella ascophylli* ؛ حيث ينمو الفطر الأول على ثالوس أحد أنواع الطحالب المائية الحمراء من الجنس *Lemanea* دون أن يسبب له أى ضرر .

بَيْدَ أن هناك أنواعاً أخرى من فطريات الماء العذب الأسكية التى تسبب أضرارا للنباتات المائية ؛ مثال ذلك عفن سيقان نباتات المستنقعات الحمراء ؛ مثل : *Phragmites australis* ، و *Typha latifolia* ، حيث تظهر الأعراض على الفروع المغمورة فى الماء ، ويمكن مشاهدة الأجسام الثمرية الأسكية المفتوحة على الأماكن المصابة .

ومن الفطريات المائية الأسكية الممرضة أنواع من الجنس *Apostemidium* (شكل ٣ – ١٣ – a) وهو أحد فطريات الماء العذب . ويتميز هذا الفطر بتكوين جراثيم أسكية خيطية الشكل ، منحنية عند أطرافها ، مكونة شكلا يشبه حرف S .

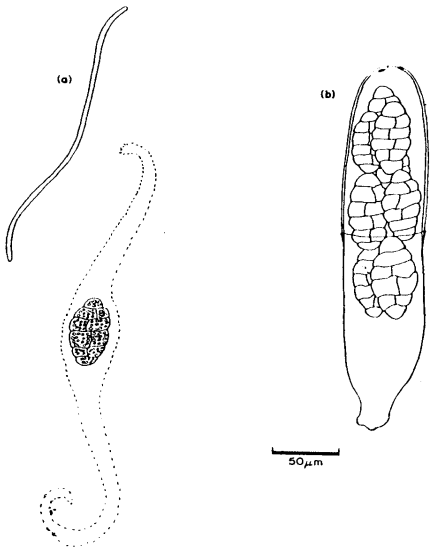
وهناك فطريات أسكية أخرى تكون جراثيم أسكية ذات نهاياتٍ مستدقةٍ وقوامٍ جيلاتينىّ ؛ ومن أمثلة ذلك الفطر *Pleospora scirpicola* (شكل ٣ – ١٣ – b) ؛ الذى يكوّن غلافا جيلاتينيًا يحيط بالجرثومة الأسكية بعد تحررها من الكيس الأسكى ؛ حيث يتكون تركيب مستطيل ذو نهاياتٍ منحنيةٍ . ويعتبر هذا التحور من أكثر التحورات شيوعاً فى الفطريات المائية لتتلاءم مع بيئتها .

٤ – الفطريات الناقصة الهيفية :

يطلق على هذه الفطريات – عادةً – اسم " Ingoldian aquatic hyphomycetes " تكريماً لرائد دراستها العالم Prof. Ingold . وتضم هذه الفطريات حوالى ٣٠٠ نوع ، تنتشر فى جميع أنحاء العالم فى الأنهار السريعة التدفق الجيدة التهوية والأنهار غير الملوثة ؛ حيث تعمل سرعة تدفق الماء ووجود الدوامات المائية على نشر جراثيم هذه الفطريات .

كما توجد هذه الفطريات فى البحيرات ، وأيضا فى البيئة الأرضية حيث تنمو على أوراق وفروع الأشجار المتساقطة الأوراق ، والتى تتساقط أوراقها فى الماء . كما تنمو

هذه الفطريات على النباتات المغمورة فى الماء ، وتنمو داخليًا فـــى جـــذور الأشجـــار السليمة ؛ مثل : Salix ، و Alnus ؛ التى تنمو جذورها فى الماء .



شكل (٣ - ١٣) : نموذج لأحد الفطريات الأسكية المنتشرة فى الماء العذب .

a = **جرثومة أسكية خيطية الشكل** Thread-like ascospore ؛ **للفطـــر** *Apostemidium guernisaci* .

b = **جرثومـــة أســـكية ذات غـــلاف جيلاتينـــى للفطـــر** *Pleospora scirpicola* .

ويتخلل الميسليوم المقسم لهذه الفطريات أنسجة أوراق الأشجار الطافية على سطح الماء ، بينما تتكون الحوامل الكونيدية على سطوح الأوراق المعرضة للهواء ، وخاصة على العروق . وخلال ذلك تتحلل أنسجة الورقة تحللا هوائيًا ؛ حيث تتحول الورقة إلى هيكلٍ من العروق بعد تحلل بقية الأنسجة .

ومن أهم مميزات هذه الفطريات أنها ذات كونيديات كبيرة الحجم ، يتراوح قطرها بين ٥٠ ميكرونا و ١٠٠ ميكرون ، تختلف فيما بينها فى طريقة تكوينها وتحررها ؛ فنجد – على العكس من الفطريات الهيفية الأرضية – أن قليلا من الفطريات الهيفية المائية يكون كونيدياتٍ مغزلية أو بيضية الشكل ، ولكن معظمها يكوّن كونيدياتٍ مستطيلة منحنية دودية الشكل sigmoid ؛ بحيث تنحنى الجرثومة فى أكثر من مستوى واحدٍ .

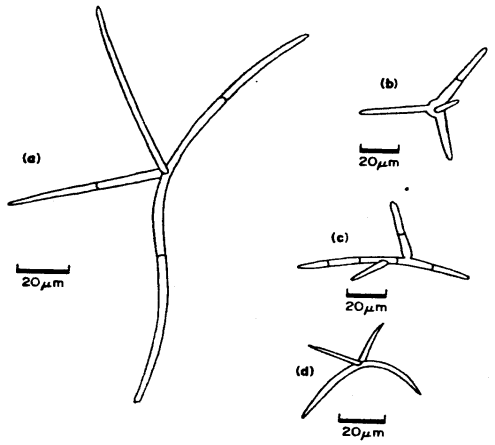
كما تتميز كونيديات هذه الفطريات بتفرعها ؛ حيث يكون التفرع – عادةً – رباعيًا ، وتتكون أربعة أذرع متباعدةٍ بعضها عن بعض شكل (٣ – ١٤ – a ، b) . وتختلف الكونيديات الرباعية الأذرع tetra-radiate conidia فيما بينها خلال مراحل تكوينها .

وهناك طريقتان أساسيتان لتكوين هذه الكونيديات : الأولى هى الكونيديات الداخلية التكوين phialoconidia ، والثانية هى الكونيديات المنفصلة طرفيًا terminal thalloconidia (aleurio conidia) ؛ والتى قد تكون ناتجة عن التبرعم ؛ حيث يطلق عليها اسم " الكونيديات المتبرعمة Blastoconidia "

وعادةً ما يظهر على الحامل الكونيدى كونيدة واحدة ذات أذرع أربعةٍ شكل (٣ – ١٥ – f) ، وقد تظهر الأذرع فى الكونيدة متزامنة – أى فى وقت واحد – أو متتابعة شكل (٣ – ١٥ – e ، g) .

وتتكون الكونيديات الداخلية التكوين phialoconidia من قمة خليةٍ خاصةٍ ذات شكل قاروىّ تسمى " القارورة phialide " ، حيث يتم تكوين الكونيدة ، وتصل إلى حجمها الكامل قبل خروجها وانفصالها عن الخلية المولدة . وعندما يحدث ذلك تبدأ كونيدة أخرى فى التكون من نفس الخلية السابقة ذات الشكل القارورى شكل (٣ – ١٥ – e ، f) .

وفى حالة الكونيديات المتكونة جسديًا thálloconidia ؛ فإن الكونيدة تتكون عن طريق تكوين جدارٍ يفصل بينها وبين الحامل الكونيدى فى المراحل الأولى من التكوين.

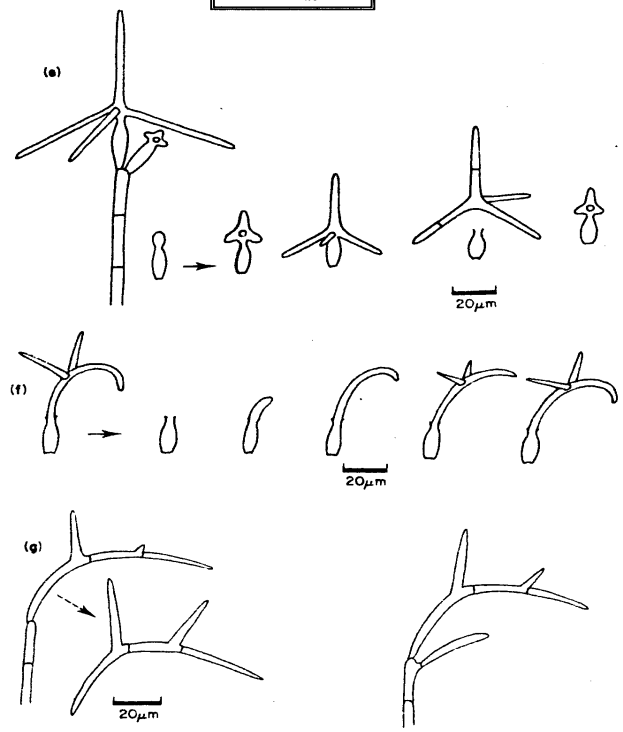


شكل (٣ - ١٤) : كونيديات رباعية الأذرع لبعض الفطريات المائية الهيفية .

a = الجنس *Tetrachaetum* . b = الجنس *Lemonniera* .
c = الجنس *Tricladium* . d = الجنس *Alatospora* .

وبعد تحرر هذه الكونيدة ، يكوّن الحامل كونيدةً جديدةً فى مستوى أخر عن طريق تكوين جدار فاصلٍ (شكل ٣ - ١٥ - g) ، بينما تتكون الكونيديات المتبرعمة blastoconidia عن طريق تبرعم الحامل الكونيدى ؛ حيث يكوّن خلايا سفردةً من الجوانب ؛ بحيث يصعب تحديد القمة الطرفية للحامل الكونيدى .

ومعظم الفطريات الهيفية الموجودة فى الماء العذب عبارة عن أطوار ناقصةٍ لفطرياتٍ أسكيةٍ وقليل منها بازيدى ؛ إلا أن الأبحاث التى تهتم بعلاقة الأطوار الناقصة anamorphs بالأطوار الكاملة telemorphs للفطريات النامية فى بيئة المياه العذبة مازالت قليلة .



شكل (٣ - ١٥) : تكوين الكونيديات القارورية phialoconidia فى بعض الفطريات المائية .

e = الجنس *Lemonniera* . f = الجنس *Alatospora* .

g = تكوين الكونيديات الجسدية thalloconidia فى الجنس *Tricladium* .

وعلى ذلك فإن هذه الفطريات الهيفية ليست مجموعة متجانسة ، ولكن يجمعها تأقلمها على البيئة المائية ؛ حيث تطورت الكونيديات – من ناحية الشكل – لتلائم هذا الوسط وظيفيًا . ويتم تكوين الأطوار الكاملة لهذه الفطريات – عادةً – على الفروع والأغصان وأوراق الأشجار الطافية على سطح الماء فى الأنهار والبحيرات ، وأيضا على تلك التى يطرحها النهر على شاطئه .

ولا تُظهر الجراثيم الأسكية أو البازيدية لهذه الفطريات أىّ نوع من أنواع التأقلم مع البيئة المائية ، بعكس الحال فى الكونيديات . وربما يرجع ذلك إلى أن هذه الأطوار الكاملة تتكون بعيدا عن البيئة المائية ، ويتم انتشارها بالتيارات الهوائية ، التى تعمل على نشر هذه الجراثيم لمسافات طويلة .

ولقد تركزت البحوث التى أجريت للتعرف على الأطوار الكاملة (الجنسية) للفطريات المائية الهيفية (الناقصة) ؛ على أساس إنبات كونيدة فرديةٍ على بيئةٍ غذائيةٍ للحصول على نموٍّ ميسليومىّ لهذا الفطر . وعند تعريض هذا النمو الفطرى لبعض الظروف الخاصة – مثل درجة الحرارة المنخفضة (١٠ – ١٥ْم) . والأشعة فوق البنفسجية القريبة – فإن ذلك يعملُ على حث الفطر على تكوين الطور الكامل .

ومن الممكن إجراء ذلك بطريقةٍ عكسيةٍ ؛ وذلك بالحصول على الطور الكامل للفطر من المواد العضوية الطافية على سطح الماء ، ثم إنباتها فى بيئةٍ مائيةٍ معقمةٍ ؛ للحصول على الطور الكونيدى (الناقص) لهذا الفطر .

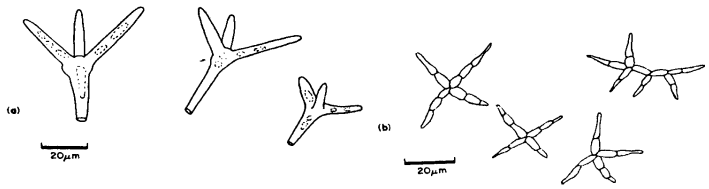
ومن ناحية أخرى أوضحت مثل هذه الدراسات أن معظم الفطريات الهيفية الناقصة فى البيئة المائية لها أطوار أسكية كاملة ، وقليل منها بازيدى . فمثلا تم حث الفطران المائيان *Flagellospora penicillioides* ، و *Heliscus lugdunensis* ، على تكوين الطور الجنسى فى المعمل ، فتكونت أجسام ثمرية أسكية دورقية perithecia للجنس *Nectria* ، بينما كوّن الفطر الناقص *Anguillospora crassa* أجساما ثمرية أسكية دورقية للجنس *Mollisia* ، وكوّن الفطر الناقص *A. longissima* أجساما ثمرية أسكية للجنس *Massarina* .

وبالإضافة إلى ما سبق ؛ فهناك فطريات مائية ناقصة أخرى كونت أطوارا كاملة لفطرياتٍ بازيديةٍ ؛ حيث تميزت هيفات هذه الفطريات بوجود روابط كلابيةٍ clamp

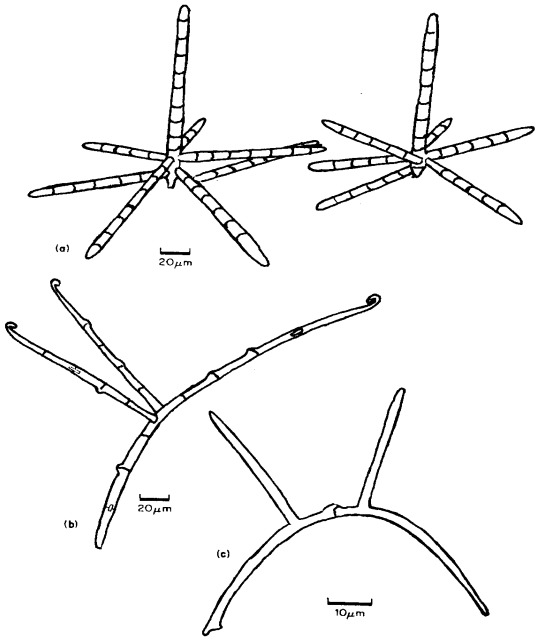
connections ؛ مثال ذلك : الفطر النـــاقص *Ingoldielle hamata* ذو الكونيديـــات الرباعية الأذرع .

ولا ينحصر وجـــود الكونيديـــات الرباعيـــة الأذرع tetra-radiate conidia فـــى الفطريات الهيفية المائية فقط ، بل توجد فى عديد من الكائنات الحية الأخرى فى البيئـــة المائية ؛ مثل الطحلب البنى *Sphacelaria* spp. ، والطحلب الأخضر *Actinastrum hanzschii* ، وبعض الخمائر المائية مثل *Candida aquatica* شكل (٣ -١٦- b) .

وتوجد بعض الجراثيم الأسكية لفطريـــات مائيـــة قاطنـــة للخشـــب مـــن العائلـــة Halosphaeriaceae ذات الشكل الرباعى الأذرع ، مثـــل : الفطـــر *Halosphaeria quadricornuta* شكل (٣ - ٢ - a) ، والفطر *Ceriosporopsis calyptrate* شكل (٣ - ٢ - c) . بالإضافة إلى بعض الجراثيم البازيديـــة الرباعيـــة الأذرع للفطـــر *Digitatispora marina* شكل (٣ - ١ - a) الذى يـــكون جســـما ثمريـــا قشـــرى الشكل، والفطر *Nia vibrissa* شكل (٣ - ١ - b) الذى يتبع الفطـــريات البازيديـــة المعدية Gasteromycetes ؛ حيث يكون جراثيمه البازيدية فى أجسام ثمرية صغـــيرة الحجم قطرها حوالى ٥ ملليمترات ، ذات شكل كروى ولونها برتقالى إلى بنفســـجى . وتغمد الجراثيم البازيدية فى مادة جيلاتينية، ويتم تحررها بعد تمزق الجسم الثمرى .



شكل (٣ - ١٦) : a - جـراثيم رباعيـة الأذرع للفـطر *Entomophthora* sp. .
b - مجاميع من الخلايا ثلاثية وعديدة الأذرع للفطر *Candida aquatica* .



شكل (٣ - ١٧) : كونيديات رباعية الأذرع لبعض الفطريات البازيدية :

a = **الفطر** *Dendrospora fusca* .

b = **الفطر** *Ingoldiella hamata* .

c = **الفطر** *Tricladium* sp. (**الطور الكونيدى للفطر** *Leptosporomyces galzini*) .

أ – الأهمية الحيوية للجراثيم الرباعية الأذرع :

تميز هذه الجراثيم فطريات البيئة المائية ؛ حيث وضعت نظريتان توضح أهمية هذا التركيب الرباعى الأذرع ، الأولى : بطء ترسيب هذه الجراثيم فى المـــاء إذا قورنـــت بالجراثيم العادية التى لها نفس الوزن ؛ مما يعمل على سهولة انتشار هـــذه الجراثيـــم الرباعية الأذرع عن طريق التيارات المائية بطريقة أكفأ ولمسافات أبعد . ففى الكائنات العالقة بالماء planktonic organisms ، يلعب زيادة سطح الكائن الحى بالنســـبة إلـــى وزنه دورا كبيـــرا فى عدم ترسيبه إلى الأعماق ، واستمرار تعلقه بالطبقـــة الســـطحية للماء . كما تعمل أذرع الكونيدة على الاستفادة من الدوامات المائية ، مما يساعد علـــى استمرار طفوها وانتشارها .

وتفترض النظرية الثانية قدرة هـــذه الكونيديـــات الرباعيـــة الأذرع علـــى التعلـــق بالأجسام الطافية بعد تحررها ؛ وبذلك تتمكن هذه الكونيديات من الإنبات والنمـــو فـــى وسط مائى / هوائى . ولقد لوحظ عدم إنبات هذه الكونيديات خلال طفوها على سطح الماء ؛ حيث يمكنها الاحتفاظ بحيويتها لفترة طويلة نسبيا ؛ فمثـــلا تختلـــف كونيديـــات الفطر المائى *Tricladium splendens* والفطر المائى *Articulospora tetracladia* بحيويتها لمدة شهر على درجة حرارة ١٣ م ؛ حيث كان معدل الإنبات فى نهاية المـــدة ٩٤ و ٩١ ٪ على الترتيب .

وهناك مميزات أخرى لهذا الشكل الرباعى الأذرع لمساعدة الكونيديات على الطفـــو على سطح الماء ؛ حيث تساعد هذه الأذرع على التعلق بفقاعات الهواء الصاعدة إلـــى أعلى ؛ مما يجعلها موجودة دائما بالقرب من سطح الماء ولا تترسب فى القاع . وعلى ذلك تكون الكونيديات ذات الأذرع الطويلة أكثر استفادة من دفع فقاعات الهواء لأعلـــى إن قورنت بالكونيديات الكروية ذات السطح الأملس .

وتتجمع فقاعات الهواء الصاعدة على سطح الأنهار ؛ حيث تكـــون – مـــع المـــواد العضوية – طبقة من المواد الرغوية الطافية على السطح ، يـــتركز فيـــها كونيديـــات الفطريات المائية الرباعية الأذرع . وفى هذا الوسط المائى / الهوائى تجد الكونيديـــات بيئة مناسبة للإنبات والنمو ؛ حيث تظل المادة العضوية رطبة دائما ، مع وجود تهويـــة كافية حولها .

وتتكون الحوامل الكونيدية – وأحيانا الأطوار الجنسية الكاملة – على هـــذه المـــواد

العضوية الطافية على سطح النهر ؛ حيث تلعب تيارات الهواء والرياح دورا كبيرا فى نشر هذه الكونيديات والجراثيم الجنسية .

وتنتشر الفطريات الهيفية المائية – خاصة فى الأنهار السريعة التدفق – عنها فى الأنهار البطيئة ، لأنه كلما زادت سرعة تيار الماء زادت التهوية فى الطبقة السطحية للماء . ويزداد تكوين كونيديات عديد من الفطريات المائية كلما زادت التهوية ؛ مثال ذلك الفطريات : *Articulospora tetracladia* ، و *Lemonniera aquatica* . وقد يرجع ذلك إلى توفر الأكسوجين اللازم لتنفس هذه الفطريات ، أو لإزالة بعض المواد الطيارة التى تثبط التجرثم .

ب – تغذية الفطريات الهيفية :

ليس من المعروف – على وجه الدقة – نوع المركبات التى تقوم الفطريات الهيفية المائية بالتغذية عليها عند نموها على أوراق الأشجار الطافية على سطح الماء . فمثلا وجد أن هذه الفطريات تفضل السكريات البسيطة فى تغذيتها ، وأيضا يمكنها التغذية على السيللوبيوز والنشا ، ولكنها لا تحلل السيليلوز . كما تستعمل هذه الفطريات النترات وأيونات الأمونيوم كمصدر نتروجينى .

وربما يفسر ما يحدث لأوراق الأشجار بعد تساقطها وطفوها على سطح مياه النهر أنها تُهاجم ببعض فطرية العفن المائية ؛ مثل تلك التابعة لرتبة السابرولجينات Saprolegniale ، والتى تستعمل أيونات الأمونيوم كمصدر نتروجينى ، بينما لا تستطيع استعمال النترات .

وعند تحلل أوراق الأشجار تحت ظروف البيئة المائية، فإن المواد الكربوهيدراتية القابلة للذوبان فى الماء سرعان ما تذوب وتُفقد فى مياه النهر ، بينما تتبقى المركبات المعقدة غير القابلة للذوبان مثل السيليلوز ، والتى يصعب على بعض الفطريات المائية تحليلها . وهناك عديد من الفطريات المائية تستطيع تحليل السيليلوز ؛ مثل الفطر *Heliscus lugdunensis* الذى يسبب عفنا طريًا للأخشاب المغمورة تحت سطح الماء ، وكذلك الفطر *Articulospora tetracladia* .

وفى تجربة لدراسة تحليل أوراق الأشجار بواسطة بعض الفطريات المائية تحت ظروف المعمل ، وجد الباحثان (Suberkrapp & Klug (1981 أن بعض هذه

الفطريات (مثـــل *Lemonniera aquatica*، و *Tetracladium marchalianum*) يمكنها تحليل السيليلـــوز المضاف إلى بيئة الأجار . وعند نمو هذه الفطريـــات علـــى ورق الأشجار بعد تعقيمها ، أفرزت إنزيمات محللة للسيليلوز ، ونتج عن هذا التحلـــل سكريات بسيطة مختزلة .

وفى نهاية التجربة أصبحت أوراق الأشجار المختبرة لينة ، وانفصلت خلايا نســـيج البشرة والخلايا البرانشيمية بعضها عن بعض ، وتحللت هذه الأنسجة ولم يتبـــق مـــن الورقة سوى هيكلها من العروق . ولقد صاحب هذا التحلل إفراز الفطريـــات المائيـــة لإنزيمات polygalacturonate transeliminase و polygalacturonase .

خامسا ـ فطريات المياه الراكدة Stagnant water fungi :

تتميز بيئة المياه الراكدة بانخفاض نسبة الأكسوجين وزيادة ثانى أكسيد الكربـــون ؛ مما يؤدى إلى تثبيط بعض الفطريات المائية دون الأخرى . وتوجد بعـــض الفطريـــات المائية التى تنمو جيدا فى المياه الراكدة تحت ظروف قلة التهوية وغياب الأكسوجين ؛ ومـــن أمثلـــة ذلـــك الفطـــران : *Blastocladia ramosa* ، و *Aqualinderella fermentans* .

ويمكن للفطريات السابقة النمو فى تركيز من ثانى أكسيد الكربون يصل إلى ٢٠ ٪ ، بينما يثبط هذا التركيز نمو الفطريات المائية الأخرى .

ويعتبر الفطر *A. fermentans* من الفطـــريـــات الاستوائية وتحـــت الاســـتوائية ؛ حـــيث يعـــزل – عادة – من سطح الثمار اللحـــمية المغمـــورة فى الميـــاه الراكـــدة الدافئـــة (٢٨ – ٣٥ م). كما تنتشر مثل هذه الفطريات تحت المواد العضوية الطافية فوق سطح الماء الراكد ، وخاصة فى الطبقة السفلى ؛ حيث يزداد تركيز ثانى أكســـيد الكربون .

وتتبع فطريات المياه الراكدة – عادة – رتبة Leptomitales ؛ وهى من الرتب غير المعروفة والتابعة للفطريات البيضية . ويوجد تحت هذه الرتبة حوالى ٣٠ نوعـــا مـــن الفطريات المائية ، والتى لم تدرس بعناية فى بيئتها الطبيعية حتى الآن . وتعتبر هـــذه الأنواع من مترممات المياه العذبة ، وتوجد على الأجزاء النباتية الطافية علـــى ســـطح الماء الراكد .

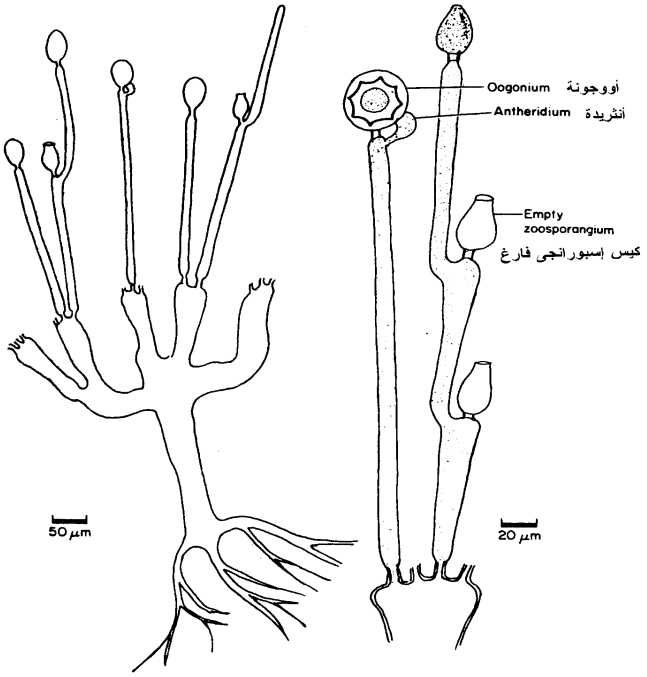
ومن الفطريات التابعة للرتبة السابقة الجنس *Leptomitus* ذو الهيفات الأسطوانية غير المقسمة ، والجنس *Rhipidium* الذى يكون حوامل شجيرية الشكل ذات فروع عريضة يتصل بها من أسفل فريعيات دقيقة من الهيفات الفطرية . وتحمل قمة الأفرع الطرفية أكياسا إسبورانجية تحتوى على جراثيم هدبية ، وقد تحمل جاميطات مؤنثة شكل (٣ – ١٨) .

ويمكن الحصول على هذا الفطر من المياه الراكدة باستعمال بعض المصائد الغذائية؛ مثل ثمار التفاح غير الناضجة ؛ حيث تغمر فى بحيرة أو فى نهر ساكن تحت المياه الراكدة لفترة تتراوح بين ٤ أسابيع و ٦ أسابيع ، وفى خلال ذلك يظهر ميسليوم الفطر على سطح الثمرة ؛ حيث يمكن عزله بعد ذلك بسهولة .

وهناك فطريات أخرى تظهر فى مياه الصرف الصحى sewage water ، تتبع رتبة Leptomitales ؛ مثال ذلك الفطر *Leptomites lacteus* . ويلاحظ أن هذا الفطر لا يستطيع تمثيل السكريات البسيطة مثل الجلوكوز ، بينما يمكنه تمثيل بعض الأحماض الامينية كمصدر كربونى نتروجينى وحيد ، مثال ذلك الليوسين leucine ، والألانين alanine ، بالإضافة إلى مصادر كربونية أخرى ؛ مثل : الخلات acetate ، والبيروفات pyruvate ، والأحماض الدهنية التى تتوفر فى مياه الصرف الصحى .

ومن الفطريات الأخرى التابعة لرتبة Leptomitales الفطر *Sapromyces elongatus* الذى يمكنه تخمير المواد العضوية ، ولكن يقل نموه فى الظروف اللاهوائية ، بينما يستطيع الفطر *Aqualinderella fermentans* تخمير المواد العضوية فى الغياب الكلى للأكسوجين . ويمكن لهذا الفطر استخدام السكريات البسيطة كالجلوكوز والفراكتوز والمانوز كمصدر كربونى خلال عملية التخمر ، مشابها فى ذلك بكتيريا *Lactobacillus* .

ولا يسبب وجود الأكسوجين أى تأثير على نمو الفطر *A. fermentans* أو على قدرته على تخمير السكريات البسيطة ؛ حيث يفتقد هذا الفطر نظام التنفس الهوائى . ولقد أظهر الفحص الميكروسكوبى وجود الميتوكوندريا كجسيمات أثرية مزدوجة الجدار فى بروتوبلازم هيفات الفطر . كما يفتقد الفطر نظام السيتوكروم الموجود فى الفطريات الهوائية .



شكل (٣ - ١٨) : الفطر *Rhipidium americanum* معزول من مياه راكـــدة باســـتعمال مصيدة ثمرة تفاح مغمورة تحت سطح الماء .

ويحتاج الفطر فى نموه إلى الليبيدات ، لأن بناءهـــا يتطلـــب وجـــود الأكســـوجين الجزئى، وأيضا يحتاج الأحماض الأمينية بالإضافة إلى عديد من الفيتامينـــات . وقـــد ترجع قدرة هذا الفطر على التخمر الأجبارى إلى ظـــروف البيئـــة التى ينمـــو فيـــها ، والتى تفتقر إلى الأكسوجين ، بينما يزداد فيها ثانى أكسيد الكربون والمـــواد العضوية . وفى مثل هذه الظروف البيئية تثبط كثير من الفطريات المائية ، بينمـــا يســـود فيـــها النشاط البكتيرى .

سادسا ـ الدراسات البيئية للفطريات المائية :

عند تساقط أوراق الأشجار المتساقطة الأوراق على سطح نهر أو بحيرة ، تحـــدث لها مجموعة من التغيرات الطبيعية والكيمائية والميكانيكية والحيوية ، ويمكـــن تقســـيم مراحل تحلل هذه الأوراق إلى ثلاثة أقسام ، وهى :

١ – مرحلة ذوبان وخروج المواد القابلة للإذابـــة فى ماء البحيرة (leaching) .

٢ – مرحلة النمو الميكروبى على سطح الأوراق (microbial colonization) .

٣ – مرحلة تغذية الحيوانات اللافقاريـــة المائيـــة علـــى الأوراق (Invertebrate feeding) .

ويتم فى المرحلـــة الأولـــى إذابـــة وخروج المواد القابلة للذوبان فى المـــاء مـــن أوراق الأشجار الطافيـــة على ســـطح المـــاء ؛ مثـــل الكربوهيـــدرات ، والأحمـــاض الأمينيـــة ، والمركـــبات الكيماوية ؛ حيث تفقد الورقة حـــوالى ٢٥ ٪ مـــن وزنـــها الأصلى خلال ٢٤ – ٤٨ ساعة .

وتنمو على أوراق الأشـــجار عديـــد من الفطريات الأرضية ، والتى يطلق عليـــها اســـم " فطـــريات سطـــوح الأوراق phyllosphere " خاصـــة تـــلك التابعـــة للأجناس *Cladosporium* ، و *Alternaria* ، و *Epicoccum* ، و *Aureobasidium*، وغيرها ؛ حيث تبقى هذه الفطريات الأرضية بالبيئة المائية لفترة ، ثم تختفى تدريجيـــا ويحل محلها الفطريات المائية .

وبمجرد تـــساقط أوراق الأشجار على سطح مياه النـــهر أو البحـــيرة ، تهاجمـــها وحدات الفطريات المائية ، والتى يصل تركيزها إلى حوالى ألف جرثومة لكل لتر مـــن

الماء . وبعد أسابيع قليلة تصبح الورقة مغطاة – بطريقة عشوائية – بمستعمرات الفطريات المائية الهيفية .

ويظهر على هذه الأوراق – فى مبدأ الأمر – عدد محدود من العشائر الفطرية ، وربما يكون ذلك رجعا إلى المنافسة بين الأنواع المختلفة من الفطريات المائية وبعضها البعض ، وأيضا نتيجة مهاجمة البكتيريا المائية للأوراق الطافية على سطح الماء .

وتشغل الفطريات المائية فى هذه المرحلة المبكرة ٦٣ – ٩٥ ٪ من حجم عشائر الأحياء الدقيقة المشتركة فى تحليل أوراق الأشجار ، بينما تلعب البكتيريا المائية دورا محدودا فى هذه المرحلة المبكرة ، إلا أن هذا الدور يزداد تدريجيا مع تقدم الوقت ، ومع زيادة معدل تحليل الأوراق .

وتفضل بعض الفطريات الهيفية مهاجمة أنواع معينة من أوراق الأشجار دون الأخرى ، وربما يرجع ذلك إلى الاحتياجات الغذائية لها ، أو إلى التركيب التشريحى لأوراق الأشجار ؛ مثال ذلك : سمك الكيوتكل ، وطبقة الإبيدرمس ، أو إلى أية صفات تشريحية أخرى ؛ مثل وجود نسيج سكلرانشيمى ، أو أنسجة ملجننة ، وغير ذلك . كما يلعب المحتوى الكيميائى للأوراق دورا فى هذا التفضيل ؛ مثال ذلك وجود بعض المواد المثبطة لنمو بعض الفطريات المائية ؛ كالفينولات .

وعلى سبيل المثال ، يفضل الفطر *Tetracladium marchalianum* شكل (٣ – ١٩ – a) النمو على أوراق أشجار الجوزية (*Carya glabra*) عن النمو على أوراق البلوط (*Quercus alba*) الطافية على مياه النهر خلال شهر أغسطس ، بينما يظهر الفطر *Triscelophorus monosporus* عكس ذلك .

وعلى هذا النحو ينتشر الفطر *Tetracladium marchalianum* على الأوراق الطافية على سطح الماء لشجر جار الماء *Almus glutinosa* – وهو نوع من الأشجار ينمو على شاطئ المجارى المائية .

بينما لا يظهر هذا الفطر على أوراق شجر الزان (*Fagus sylvatica*) . ويرجع ذلك إلى أن معدل نمو الفطر على أوراق شجر الزان يكون بطيئا للغاية ؛ نظرا لانخفاض نشاط إنزيمات تحليل البروتين protease . ومن المحتمل أن تقوم بعض المثبطات – كالفينولات – المرتبطة ببروتينات الورقة بتثبيط التمثيل الغذائى لهذا

الفطر؛ مما يعمل على تقليل الاستفادة من بروتينات الأوراق ؛ نتيجة تثبيط النشاط الانزيمى .

كما وجد – أيضا – أن الفطر *Alatospora acuminata* يفضل النمو على أوراق أشجار السنط Acacia الطافية على سطح مياه الأنهار .

ولقد اعتقد كثير من الباحثين أن أوراق الأشجار المتساقطة والطافية على سطح مياه الأنهار والبحيرات فقيرة فى محتواها الغذائى بالنسبة إلى الفطريات الهيفية المائية ، غير أن الدراسات الحديثة أوضحت أن هذه الفطريات تستطيع النمو جيدا على أوراق الأشجار الطافية ، ولكن بعد فترة من وجودها فى مياه النهر . ويتعرض الكيوتكل وخلايا البشرة لغزو الفطريات الهيفية المائية ، ويزداد الغزو كلما زادت فترة وجود أوراق الأشجار الطافية على سطح ماء النهر .

وكذلك الحال فى الأخشاب الطافية على سطح مياه الأنهار ؛ فهى تختلف فى أحجامها من الفروع الصغيرة إلى الجذوع الضخمة ؛ حيث تتعرض إلى نمو الفطريات المائية عليها . وتتشابه العشائر الفطرية النامية على هذه الأخشاب الطافية مع تلك النامية على أوراق الأشجار الطافية ، ولكنها ليست متطابقة .

وتتميز الأخشاب الطافية بأنها مقاومة للتحلل الفطرى لفترة طويلة فى مياه النهر ، قد تصل – فى الكتل الخشبية الضخمة – إلى عدة سنوات ، بينما تتحلل أوراق الأشجار التى تطفو فوق سطح الماء خلال أسابيع قليلة ؛ وعلى ذلك يمكن اعتبار كتل الأخشاب الطافية مصدرا غذائيا دائما للفطريات المائية ، وخاصة فى الفترات التى تختفى فيها أوراق الأشجار بعد تحللها فى نهاية فصل الخريف . كما تعتبر جذور الأشجار النامية على ضفاف الأنهار أحد مصادر الغذاء الإضافية لعشائر الفطريات المائية .

وتلعب الأخشاب الطافية فوق سطح مياه الأنهار دورا اخر لا يقل أهمية عما سبق ؛ حيث يتكون عليها الأطوار الكاملة (الجنسية) للفطريات الهيفية المائية ، إلا أن ذلك متاح لتلك الفطريات القادرة على تحليل سيليلوز ولجنين الخشب ، كما يمكن لبعض الفطريات الهيفية المائية الأخرى التى لا تنمو – عادة – على أوراق الأشجار الطافية النمو على قطع الأخشاب الطافية وتكون جراثيمها عليها ؛ مثال ذلك الفطر *Anguicrassa* .

ومن ناحية أخرى أظهرت بعض الدراسات وجود تتابع فى ظهور الأجسام الثمرية للفطريات المائية على أوراق الأشجار الطافية فوق سطح مياه الأنهار ؛ حيث يتحكم فى ذلك مجموعة من العوامل ، مثل نوع أوراق الأشجار ، والوقت من السنة الذى يعكس درجات الحرارة السائدة ، وأيضا نوع الجراثيم المنتشرة فى مياه النهر خلال ذلك الوقت .

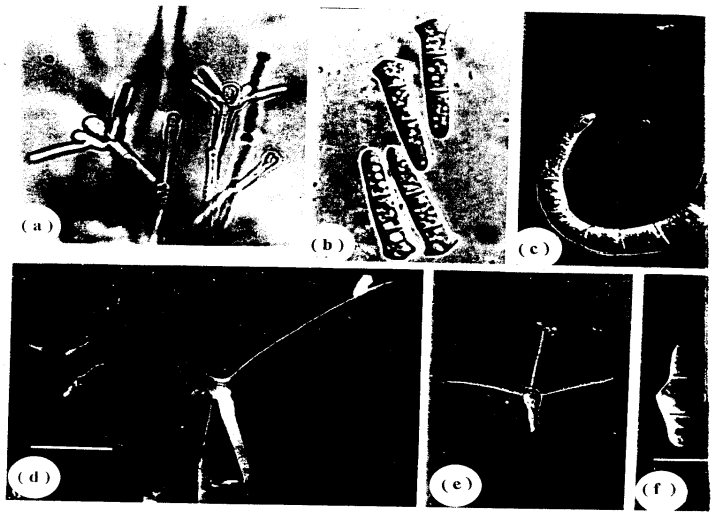
وبالنسبة إلى أوراق الأشجار السريعة التحلل – التى تهضمها الحيوانات اللافقارية مثل أوراق أشجار جار الماء alder – فإنه من الصعب تتابع التغيرات التى تحدث فى عشائر الفطريات المائية ؛ إن قورنت بتلك التى تحدث فى الأوراق البطيئة التحلل ؛ مثل أوراق شجر البلوط .

ويتتابع ظهور العشائر الفطرية على أوراق الأشجار الطافية على سطح مياه الأنهار فمثلا تظهر الفطريات المائية *Flagellospora curvula*، و *Lemonniera aquatica*، و *Alatospora acuminata* على أوراق أشجار البلوط والجوزية مبكرا ، ثم يظهر بعدها الفطريات المائية : *Heliscella stellata*، و *Clavatospora longibrachiata*، و *Goniopila monticala* .

ولقد أوضح عديد من الباحثين – مثل (Chamier (1983 – أن وصول وحداد فطرية لأنواع مختلفة من الفطريات المائية إلى الأوراق الطافية فوق مياه النهر . ونموها مكونة عشائر فطرية مختلفة ، وسيادة أحد الأنواع الفطرية على سائر الأنواع الأخرى .. هى العوامل المحددة لتوزيع وتتابع هذه الفطريات خلال مراحل تحلل أوراق الأشجار ، وهذه العوامل السابقة تتأثر بعوامل البيئة المحيطة ، والمنافسة بين هذه الفطريات بعضها وبعض .

وفى دراسة قام بها (Shearer & Zare-Maivan (1988 للتعرف على معدل نمو عديد من الفطريات المائية وقدرة بعضها على تضاد البعض الآخر ، وجد أن الأنواع السريعة النمو يمكنها تثبيط الأنواع البطيئة النمو ، وقد عزى ذلك إلى تنافس هذه الأنواع على الغذاء .

ومن الفطريات المائية الهيفية ذات القدرة العالية على التضاد الفطر *Clavariopsis aquatica* ؛ الذى استطاع تثبيط نمو ٢٣ نوعا مختلفا من الفطريات المائية ، وأيضا وجد أن الفطرين *Tetracladium marchalianum* ، و *Anguillospora gigantea* استطاعا تثبيط ١٦ نوعا مختلفا من الفطريات المائية .



شكل (٣ - ١٩) : بعض الفطريات المائية

a = *Tetracladium marchalianum* b = *Heliscus lugdunensis* .
c = *Anguillospora crassa*
d = *Lemonniera aquatica* حامل كونيدى وخليتين مولدتان للكونيديات (phialides)
f = *Tumularia aquatica* . e = *Clavariopsis aquaticai* .

طول الخط الأبيض فى الصور d = ١٠ ميكرونات ، e = ٢٠ ميكرونا ، a . b . c = ٨٠ ميكرونا.

وتفسر مثل هذه النتائج تتابع ظهور الفطريات المائية على أوراق الأشجار وكتل الأخشاب الطافية فوق سطح مياه الأنهار ؛ وذلك على أساس اختلاف قدرة هذه الفطريات على تحليل المواد اللجنينية الصعبة التحلل خلال مدة طويلة ، وأيضا إلى إفراز بعض هذه الفطريات لمواد مضادة لنمو غيرها من الفطريات المائية الأخرى . ويظهر هذا التتابع واضحا على الأجزاء النباتية البطيئة التحلل ، بعكس تلك السريعة التحلل .

ولقد درس Fisher & Anson (1983) نمو الفطر المائى *Massarina aquatica* على جذور الأشجار النامية على شواطئ الأنهار وعلى الأخشاب وأوراق الأشجار الطافية على سطح مياه النهر ؛ حيث وجد الباحثان أن هذا الفطر يكون طورا أسكيا على صورة أجسام ثمرية ؛ وهو الفطر *Tumularia aquatica* التابع لمجموعة Loculoascomycetes .

وعند دراسة قدرة الطور الناقص *M. aquatica* على تثبيط إنبات جراثيم الفطريات المائية الأخرى ونموها ، وجد أنه عند وضع قطعة خشب تحتوى على هذا الفطر على سطح بيئة الأجار المائى ، ينساب منها مواد مثبطة إلى سطح البيئة ؛ تسبب تثبيط إنبات الجراثيم الهدبية للفطر *Tricladium giganteum* ، وأيضا توقف النمو الميسليومى له . وتدل هذه النتائج على أن الفطر *M. aquatica* ذو قدرة عالية على إنتاج واحد أو أكثر من المواد ذات القدرة على التضاد الحيوى للفطريات الأخرى antifungal antibiotics .

سابعا - التوزيع الجغرافى والموسمى للفطريات المائية :

اهتم عديد من الباحثين بدراسة تركيز جراثيم الفطريات فى مياه الأنهار خلال فصول السنة المختلفة ؛ حيث لوحظت زيادة أعدادها فى موسم تساقط أوراق الأشجار (مثل فصل الخريف فى الأشجار المتساقطة الأوراق) ؛ حيث وجد أن كل جرام مادة جافة من أوراق الأشجار يمكنه إضافة ١٤٠ ألف جرثومة إلى ماء النهر . هذه الجراثيم المضافة – وكذلك الهيفات – لفطريات أرضية تنمو على سطوح الأوراق ؛ مكونة عشيرة فطرية يطلق عليها اسم " فطريات الفيللوسفير " .

وعندما تصل هذه الفطريات إلى الوسط المائى ، فإنها تهاجم بعديد من الحيوانات المائية الأولية ، والتى تعمل على تحليلها وتحليل أنسجة الأوراق نفسها ، ويشترك فى

هذا التحليل الفطريات المائية . ويؤدى ذلك إلى انخفاض أعداد فطريات الفيللوسفير من على سطوح الأوراق بدرجة كبيرة.

وتلعب درجة حرارة الماء دورا كبيرا فى تحديد أنواع العشائر الفطرية السائدة على أوراق الأشجار وجذوع الخشب الطافية على سطح ماء النهر ؛ فعند دفئ الجو – خلال شهور الصيف – تظهر الفطريات المائية : *Flagellospora penicillioides*، و *Lunulospora curvula* ، و *Heliscus tentaculus* ، و *Triscelophorus monosporus* ، بينما تظهر تحت ظروف برودة الجو – فى شهور الشتاء – الفطريات المائية : *Lemonniera aquatica* ، و *Flagellospora curvula* .

وتؤثر درجات الحرارة على جميع مراحل نمو الفطريات المائية ، بداية من إنبات الجراثيم ومهاجمة الأوراق والأخشاب الطافية على سطح ماء النهر ، حتى نمو الهيفات الفطرية عليها وتكوين الجراثيم بعد ذلك .

وتتميز بعض الأنهار بثبات درجة حرارة مياهها ؛ كما هو الحال فى نهر سان ماركوس San Marcos river بولاية تكساس بالولايات المتحدة ، والتى تكون درجة حرارتة ٢٢ ± ١°م طوال العام . وفى مثل هذه الظروف تنتشر بعض الفطريات المائية ؛ مثل : *Triscelophorus monosporus* ، و *Lunulospora curvula* .

وعلى العكس من ذلك ، فهناك أنهار ذات درجة حرارة منخفضة ثابتة فى الشتاء (٠,١°م) ؛ مثل نهر نياكا جوك Njakajokk فى السويد ؛ حيث يُغطى سطح مياه النهر بطبقة من الجليد فى الفترة من نهاية شهر أكتوبر حتى شهر مايو . وتحت هذه الظروف البيئية تسود العشائر الفطرية لثلاثة أنواع من الفطريات المائية هى : *Lemonniera aquatica* ، و *Flagellospora curvula* ، و *Alatospora acuminata* .

ولقد درس النواوى عام ١٩٨٥ توزيع الفطريات المائية المنتشرة فى أنهار المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية ؛ حيث ذكر ٢٥ نوعاً مختلفاً من الفطريات المنتشرة فى أنهار ماليزيا ؛ أهمها : *Brachiosphaera tropicalis* ، و *Heliscus tentaculus* ، و *Campylospora chaetocladia* ، و *Flagellospora penicillioides* .

كما درس Chauvet (1991) توزيع جراثيم الفطريات الهيفية المائية فى ٢٧ محطة بشمال غربى فرنسا . ولقد أخذ الباحث عيناتٍ من المواد العضوية الطافية فوق

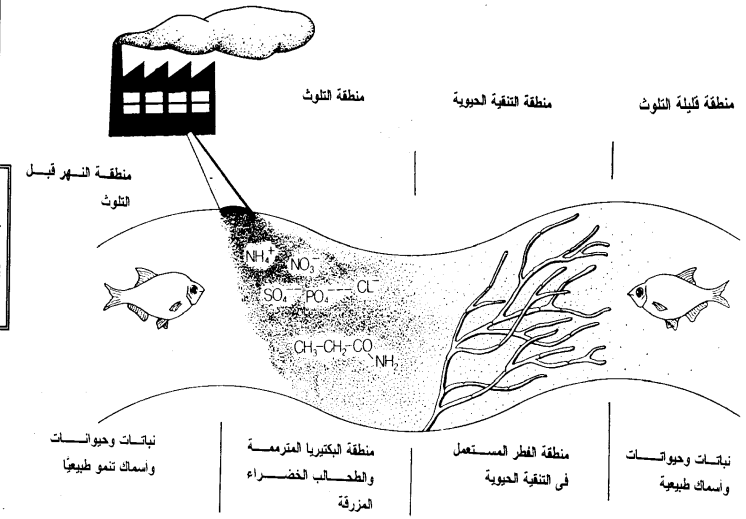
سطح الماء فى فتراتٍ متباعدةٍ خلال سنةٍ كاملةٍ ، وقدر رقم حموضة الماء فى كل عينةٍ؛ حيث تراوح بين ٥ و ٨,٥ ، كما تراوحت درجة حرارة الماء بين ٢°م و ٢٠°م خلال السنة .

وأظهرت نتائج الدراسة السابقة سيادة بعض العائر الفطرية المائية تحت ظروف ارتفاع رقم الحموضة والحرارة ؛ مثال ذلك الفطريات المائية : *Heliscus tentaculus* ، و *Campylospora chaetocladia* ، و *Triscelophorus monosporus* ، و *Lunulospora curvula* ، بينما ظهر نوعان من الفطريات المائية تحت ظروف المياه ذات رقم الحموضة المنخفضة فى فصل الخريف ؛ وهذان النوعان هما : *Clavatospora longibrachiata* ، و *Tetrachaetum elegans* .

وتوضح الدراسات السابقة – وغيرها – العوامل المحددة لنظام البيئى للنهر ، والذى يتدفق فى مساره من مناطق عالية إلى أخرى منخفضةٍ ؛ مخترقا فى مساره مناطق ذات غطاءٍ نباتىّ مختلفٍ من أشجار متساقطة الأوراق أو دائمة الخضرة . كما تتغير طبيعة مياه النهر وتركيبها الكيمائى ؛ مثل : رقم الحموضة ، ومعدل ذوبان الأملاح ، ونسبة الأكسوجين الذائب والمواد العضوية المغمورة أو الطافية على سطحه ، وكذلك معدل

ومن ناحيةٍ أخرى يؤدى مرور النهر خلال الأراضى الزراعية إلى تلوث مياهه بالمخصبات الزراعية أو المبيدات المستخدمة فى مقاومة الافات الزراعية والحشائش الضارة . وأيضا عند مرور النهر خلال المناطق السكنية أو الصناعية ، فإن ذلك قد يؤدى إلى تلوثه بمخلفات الصرف الصحى أو المخلفات الصناعية ، والتى تؤثر – بطبيعة الحال – على عشائر الفطريات المائية فيه .

ومع زيادة مشاكل تلوث البيئة من حولنا – بصفةٍ عامةٍ – وبخاصة تلوث مياه الأنهار بالمخلفات الصناعية ، تظهر بارقة أمل فى إمكان استخدام بعض الكائنات الحية الدقيقة لتطهير الأنهار حيويًا ؛ ففى مثل هذه الأنهار الملوثة تسود العشائر البكتيرية على غيرها من عشائر الكائنات الحية الدقيقة المائية الأخرى . وعادة ما تستخدم بعض الفطريات المائية لإعادة بيئة النهر إلى ما كانت عليه ؛ حيث يلزم ذلك زيادة عشيرتها فى ماء النهر ، بعد انخفاضها نتيجة التلوث (شكل ٣ – ٢٠) .



شكل (٣ - ٢٠) : التنقية الحيوية لأحد المجارى المائية من خلال استعمال أحد فطريات مياه الصرف الصحى .

ومن الفطريات التى يمكنها البقاء والنمو والتكاثر فى هذه الظروف البيئية الصعبة الفطر *Leptomitus lacteus* ذو القدرة الكبيرة على هدم المركبات السامة المسببة لتلوث مياه النهر . ويحلل هذا الفطر المركبات العضوية النتروجينية ذات الوزن الجزئى الكبير ، ويستخدمها كمصدر غذائى ؛ مما يقلل من تركيزها فى مياه النهر . وعند انتشار هيفات هذا الفطر فى مياه النهر ، تزداد قدرته على تحليل هذه المركبات السامة ويقل التلوث ، ويبدأ الفطر فى تكوين أجسامه الثمرية ؛ ويعد هذا دليلا على انخفاض تلوث النهر .

ولقد درس Barlocher (1992) التغيرات الطبيعية والكيميائية والحيوية على طول النظام النهرى ، والتى تؤثر على توزيع وسيادة الكائنات الحية التى تستوطن مياه النهر ومنها الفطريات . ولقد لوحظ سيادة أنواع معينة من الفطريات فى كل منطقة من مناطق النظام النهرى ؛ وذلك تبعا لتأثير العوامل التى سبقت الإشارة إليها .

وقدم الباحثون Thomas et al (1991) نموذجا رياضيا لوصف ديناميكية جراثيم العشائر الفطرية فى جسم ماء النهر المتحرك ؛ حيث ساعد ذلك على حساب نصف عمر العشيرة الفطرية ؛ وذلك بحساب المسافة من النهر التى يصل فيها تركيز جراثيم العشيرة الفطرية إلى النصف . ولقد اختبرت فى هذه الدراسة ثلاث فطريات مائية حسب نصف عمرها ؛ وهى : الفطر *Alatospora acuminata* (نصف عمره ٦٩٠ مترا) ، والفطر *Clavariopsis aquatica* (نصف عمره ٧٨٠ مترا) والفطر *Tetrachaetum elegans* (نصف عمره ٨١٠ مترا) .

كما أوضحت نتائج دراسات عديد من الباحثين صعوبة دراسة تأثير رقم الحموضة pH-value على توزيع ونشاط الفطريات المائية ؛ ويرجع ذلك إلى تداخل تركيز الأيون الهيدروجينى pH ، مع وجود المواد العضوية النباتية والحيوانية فى مياة النهر ، وأيضا على وجود الأملاح المختلفة ودرجة ذوبانها ، خاصة أملاح الكالسيوم والألومنيوم التى يرتبط درجة ذوبانها برقم حموضة الماء .

فعلى سبيل المثال ، عند انخفاض رقم حموضة مياه النهر فى منطقة ما إلى أقل من ٥,٥ ، فإن أيونات الألومنيوم تتحرر فى الماء ، وتصبح سامة لعديد من الفطريات المائية ؛ وهذا يؤثر – بطريقة غير مباشرة – فى العشائر الفطرية ، ويتداخل مع تأثير رقم حموضة ماء النهر عليها .

ومن ناحية أخرى ، يؤثر رقم حموضة مياه النهر على الإنزيمات التى تفرزها الفطريات المائية الهيفية المحللة لأوراق الأشجار والأخشاب الطافية على سطح مياه النهر ؛ مثال ذلك الإنزيمات المحللة للبكتين . وحيث إن كل إنزيم من هذه الإنزيمات يحتاج إلى رقم حموضة مناسب ، فإن كفاءة هذه الفطريات المائية فى تحليل المواد العضوية فى مياه النهر يتأثر برقم حموضته تأثيرا مباشرا .

كما تؤدى زيادة أيونات الكالسيوم فى مياه النهر – وخاصة إن كان رقم حموضتها أكثر من ٦,٥ – إلى زيادة نشاط الإنزيمات المحللة للبكتين فى الفطريات الهيفية المائية؛ مما يسرع من تحلل أوراق الأشجار الطافية على سطح ماء النهر .

وعندما يصل ماء النهر إلى المصب ، فإن محتواه من الكائنات الحية يصل إلى نسبة متدرجة من الملوحة العالية ؛ حيث يكتب البقاء للكائنات الحية التى تتحمل هذا التركيز العالى من الملح فى مياة البحر . ولقد درس Byrne & Jones (1975) إنبات الجراثيم والنمو الميسليومى وتكوين الجراثيم لنوعين من فطريات الماء العذب ؛ هما *Tetracladium setigerum* ، و *Heliscus lugumensis* ؛ وذلك فى مياه البحر المالحة . وقد تمت هذه الدراسة فى المعمل ؛ وذلك باستخدام تخفيفات من مياه البحر فى تجهيز بيئة الأجار ، ثم تم التحضين على درجات حرارة مختلفة .

وأظهرت نتائج الدراسة السابقة نجاح الجراثيم الهدبية للفطرين – تحت الدراسة – فى الإنبات والنمو على البيئة المحتوية عليها ماء البحر دون تخفيف (حوالى ٣ ٪ ملح كلوريد صوديوم) ، بينما لم يستطع الفطر *H. lugdunesis* التجرثم حتى تخفيف ٣٠ ٪ من ماء البحر (حوالى ١ ٪ ملحا) ، والفطر *T. setigerum* حتى تخفيف ١٠ ٪ من ماء البحر (حوالى ٠,٣ ٪ ملح) .

وتدل هذه النتائج على أن بعض فطريات المياه العذبة يمكنها تحمل ملوحة مياه البحر ؛ حيث تنبت جراثيمها وتنمو هيفاتها فى مصبات الأنهار القليلة الملوحة ، ولكنها لا تستطيع التكاثر وإنتاج الجراثيم فى هذا الوسط .

ومن ناحية أخرى ، نجد أن الفطريات الهيفية المائية تنمو جيدا فى الأنهار السريعة التدفق ذات المحتوى العالى من الأكسوجين الذائب ، ولكن يقل انتشارها فى المياه الراكدة ، وخاصة تلك المغطاة بطبقة مستديمة من أوراق الأشجار والعوالق الطافية ورغاوى الطين ؛ حيث يعمل ذلك كله على جعل الماء أسفله تحت

ظروف غير هوائية . كما تتصاعد بعض الغازات العضوية ؛ مثل غاز كبريتور الهيدروجين (H_2S) .

ويتباين مدى تحمل الفطريات الهيفية المائية لمثل هذه الظروف اللاهوائية ؛ فمثلا يفشل النمو الميسليومى للفطر *Articulospora tetracladia* فى البقاء على قيد الحياة لأكثر من ثلاثة شهور ، بينما تعيش المستعمرات الفطرية للفطريين *Anguillospora rosea* ، و *Tricladium splendens* لأكثر من سنة . ويعتبر الفطر *A. tetracladia* شديد الحساسية لغاز كبريتور الهيدروجين ، بعكس الحال فى الفطر *T. splendends* الذى يتحمله .

وقد أثبتت دراسات أخرى عديدة أن بعض الفطريات المائية الهيفية تجد طريقها إلى بيئات أخرى تنمو فيها ؛ مثل سطوح الأوراق ، وحول الجذور ، وفى التربة ، ولكن ليس معنى عزل جراثيم هذه الفطريات من تلك البيئات المختلفة أن هذه الفطريات موجودة بصورة نشطة وفعالة . إلا أن بعض هذه الفطريات تكون أطوارها الكاملة (جراثيم أسكية أو بازيدية) على هذه البيئات الجديدة ؛ مما يجعلها تنتشر بالهواء ويتزايد وجودها ، ويطلق عليها – حينئذ – " فطريات برمائية amphibious fungi " .

وهناك عديد من الحيوانات المائية الأولية ويرقات الحشرات المائية وغيرها من الحيوانات اللافقارية المائية التى تهاجم أوراق الأشجار المحللة بفعل الفطريات المائية ، أكثر من مهاجمتها للأوراق غير المحللة ؛ ويرجع السبب فى ذلك إلى أن الفطريات المائية تؤثر على أوراق الأشجار – خلال تحللها – طبيعيا وكيميائيا ؛ حيث تبدو أنسجة الأوراق متفككة ولينة نتيجة النشاط التحليلى للإنزيمات الفطرية ، ويطلق على هذه التغيرات الطبيعية والكيمائية لأوراق الأشجار الطافية على سطح الماء بفعل الفطريات اسم " التكيف Conditioning " .

كما تعمل الحيوانات المائية الأولية وغيرها من يرقات الحشرات المائية والحيوانات اللافقارية على زيادة تحليل أوراق الأشجار فى مياه النهر . وهناك عديد من الأسباب التى تفسر تفضيل الحيوانات المائية اللافقارية للتغذية على أوراق الأشجار التى تنمو عليها الفطريات المائية (الأوراق المكيفة conditioned leaves) عن الأوراق السليمة.

ويعتبر أهم هذه الأسباب عدم قدرة معظم هـذه الحيوانـات المائيـة علـى إفـراز الإنزيمات المحللة للمركبات النباتية المعقدة كالسيليلوز واللجنين ، والتى تتحلـل بفعـل الإنزيمات الفطرية إلى مركبات يسهل لهذه الحيوانات هضمها . وبالإضافة إلـى مـا سـبق ، يلاحظ أن النمو الفطرى على أوراق الأشجار الطافية على سـطح المـاء – الفقيرة غالبا فى محتواها من البروتينات والدهون – يعمل على تعويض هذا النقـص ؛ نتيجة وجود هذه المواد الهامة فى الميسليوم الفطرى ، والذى يكون – مـع الأنسـجة النباتية المتحللة – وجبة متكاملة لهذه الحيوانات المائية اللافقارية .

ولهذه الأسباب السابقة نجد أن نمو الحيوانـات المائيـة اللافقاريـة علـى الأوراق المتحللة بفعل الفطريات المائية يتزايد ؛ مما يزيد من نسبة المواد العضوية المتحللة فى مياه النهر ، والتى تصبح فى متناول الكائنات المائية الأخرى كالأسماك ، حيث تصبـح الأخيرة غذاء للإنسان بعد ذلك .

ثامنا ـ المراجع References :

Barlocher, F. (1992) . Recent developments in stream ecology in their relevance to aquatic mycology of aquatic hyphomycetes. (ed. F. Barlocher) . Springer-Verlag, Berlin, pp. 6 - 37 .

Barghoom, E. S. and D. H. Linder (1944) . Marine fungi-their taxonomy and biology. Farlowia Journal of Cryptogamic Batony. 1 : 395 - 467 .

Byrne, P. J. and E. B. G. Jones (1975 a) . Effect of salinity on spore germination of terrestrial and marine fungi. Transaction of the Britich mycological Society. 64 : 497 - 503 .

Byrne, P. J. and E. B. G. Jones (1975 b) . Effect of salinity on the reproduction of terrestrial and marine fungi. Transaction of the Britich mycological Society. 65 : 185 - 200 .

Boyd, P. E. and J. Kohlmeyer (1982) . The influence of temperature on the seasonal and geographical distribution of three marine fungi. Mycologia. 74 : 894 - 902 .

Canter, H. M. and G. H. M. Jaworski (1980) . Some general observations of the zoospoes of the chytrid *Rhizophydium plaktonicum* Canter emend. New Phytologist. 84 : 515 - 531 .

Canter, H. M. and G. H. M. Jaworski (1981) . The effect of light and darkness upon infection of *Asterionella formosa* Hassal by chytrid *Rizophydium planktonicum* Canter emed. Annals of Botany, London N. S., 47 : 13 - 30 .

Chamier, A. C. ; P. A. Dixon and S. A. Arther (1983) . The spatial distribution of fungi on decomposing alder leaves in a freshwater stream. Oecologia. 64 : 92 - 103.

Chauvet. E. (1991) . Aquatic hyphomycetes distribution in Sauth-Western France. Journal of Biogegraphy. 18 : 699 - 706 .

Clipson. N. J. W. and D. H. Jennigs (1992) . *Dendryphiella salina* and *Debaryomyces hansenii* . models for ecophysiological adaptaion to salinity by fungi which grow in the sea. Canadian Journal of Botany. 70 : 2097 - 2105 .

Clipson. N. and P. Hooley (1995) . Salt tolerance strategies in marine fungi. Mycologist. 9 (1) : 3 - 5 .

Dick. M. W. (1989) . Phylm Oomycetes. in Handbook of Prototista. (eds. L. Margulis ; J. D. Corliss. M. Melkonian and D. J. Chapman) . Jones and Bartlet. Boston. pp. 661 - 685 .

Dix. N. J. and J. Webester (1995) . Fungal ecology (Chapman & Hall Pub.) Cambridge England .

Doguet. G. (1964) . Influence de la temperature et de la salinite sur la croissance et la fertilite du *Digitatespora marina* Dogute. Bulletin de la Societe Francaise de Physiologie Vegetale. 10 : 285 - 292 .

Dowman. E. A. (1970) . Conservation in field archaeology. Methouen Co. London. 170 p.

El-Nawawi. A. (1985) . Aquatic hyphomycetes and other water borne fungi from Malaysia. Malayan Nature Journal. 39 : 75 - 134 .

Fenchel. F. (1972) . Aspects of decomposer food chains in marine benthos. Verhandlingen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft. 65 : 14 - 23 .

Fisher. P. J. and A. E. Anson (1983) . Antifungal effects of *Massarina aquarica* growing on oak wood. Transaction of the British mycological Society. 81 : 523 - 527 .

Flynn. A. O. and P. Curran (1994). New British records (*Ocastaspora opilongissima*). Mycologist. 8 (3) : 105 - 106 .

Hudson. H. J. (1986) . Funal biology. 4-Fungi as inhabitant of aquatic environments. pp. 110 - 145 - (Edward Arnold Pub.) London. England .

Hughes. G. C. (1974) . Geographical distribution of the higher marine fungi Veroffltichen des Instituts fur Meeresforchung in Bremerhaven. Supplement. 5 - 419.

Jones. E. B. G. (1988) . Do fungi occur in the Sea.? the Mycologist. 2 (4) : 150 - 157.

Jones. E. B. G. ; R. G. Johnson and S. T. Moss (1983) . *Ocostaspora apilongissima* gen. et sp. nov. A new marine pyrenomycete from wood. Botanica Marina. 26 : 353 - 360 .

Koch. J. (1974) . Marine fungi on drift wood from west coast of Jutland. Friesia. 10 : 208 - 250 .

Kirk. P. W. (1980) . The mycostatic effect of seawater on spores of terrestrial and marine higher fungi. Botonica Marina. 23 : 233 - 238 .

Kohlmeyer. J. (1986) . *Ascocratera manglicala* gen. et sp. no. and key to the marine Loculoascomycetes on mangroves. Cnadian Journal of Botany. 64 : 3036 - 3042 .

Kohlmeyer. J. and T. Mchales (1981) . Sclerocarps : undescribed propagules in a sand - inhabiting marine fungus. Canadian Journal of Botany. 9 : 1787 - 1791 .

Kohlmeyer. J. and B. Volkmann - Kohlmeyer (1989) . New species of koralionastes (Ascomycotina) from the Caribbean and Australia. Candian Journal of Botany. 68 : 1554 - 1559 .

Lund. A. (1934) . Studies on danish freshwater Phycomycetes and notes on their occurrence. Kongelige Danska Videnskabernes Selskabs Skrifter. 9 : 1 - 98 .

Mouzouras. R. (1986) . Patterns of timber decay caused by marine fungi in : The biology of marine fungi (Ed. S. T. Moss) . pp. 341 - 353 Cambridge Univ. Press. Cambridge .

Meyers. S. P. and J. Simms (1965) . Thalassiomycetes VI. Comparative growth studies of *Linda thalassiae* and lignicolous as oomycete species. Canadian Journal of Botany. 43 : 379 - 392 .

Park. D. (1972) . Methods of detecting fungi in organic detritus in water. Transaction of the Britich mycological Society. 58 : 281 - 290 .

Proter. D. (1989) . Phylum labyrinthomycota in handbook of prototista. (eds. L. Marqulis. J. O. Corliss. M. Melkomian and D. J. Chapman) . Jones and Bartlett. Boston pp. 388 - 398 .

Ress. G. (1980) . Factros affecting the sedimentation rate of marine fungal spores. Botanica Marina. 23 : 375 - 385 .

Rohrmann. S. and H. P. Molitoris (1986) . Morphological and physiological adaptation of the cyphellaceous fungus *Halocyphina villosa* (Aphyllophorales) to its marine habitat. Botanica Marina. 29 : 539 - 547 .

Suberkropp. K. and M. J. Klug (1981) . Degradation of leaf litter by aquatic hyphomycetes. in The Fungal Community. its organisation and role in the ecosystem (Wicklow. D. T. and Carrol . G. C. eds) . pp. 761 - 766 . Marcel de kker. New York.

Shearer. C. A. and H. Zare-Maivan (1988) . *In vitro* hyphal interactions among wood-and leaf-inhabiting ascomycetes and fungi-imperfecti from freshwater habitas. Mycologia. 80 : 31 - 37 .

Smith. S. N. : E. Ince and R. A. Armstrong (1990) . Effect of osmatic and matric potential on *Saprolegnia diclina*. Mycological Research. 94 : 71 - 77 .

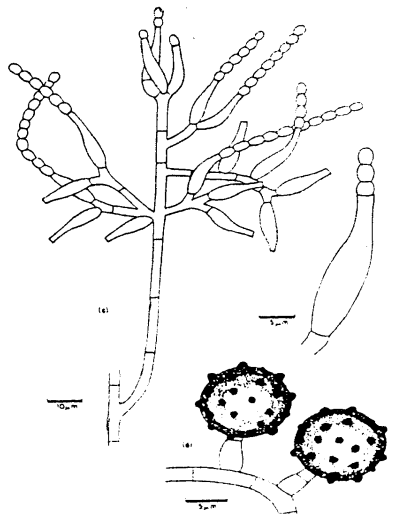
Thomas. K. ; G. A. Chilvers and R. H. Norris (1991 a) . Changes in the concentration of aquatic hyphomycetes spore in less Greek. Act. Australia. Mycological Research. 95 : 178 - 183 .

Thomas. K. ; G. A. Chilvers and R. H. Norris (1991 b) . A dynamic model of fungal spora in a freshwater system. Mycological Research. 95 : 184 - 188 .

Willoughby. L. G. (1962) .The occurrence and distribution of reproductive spores of Saprolegniales in fresh water. Journal of Ecology. 50 : 733 - 759 .

Walker. D. C. ; G. C. Hunghes and T. Bisalputra (1979) . A new interpretation of the interjauial zoome between *Spathulospora* (Ascomycetes) and *Ballia* (Fluoridea phyceace) . Trans Br. mycol. Soc.. 73 : 193 - 206

الباب الرابع



الفطريات الأرضية

الباب الرابع
الفطريات الأرضية
Terrestrial Fungi

أولاً ـ نشأة الفطريات الأرضية :

ظهرت اليابسة متكونة من أحجار بركانية مع بداية نشأة الأرض ، وكان أول ظهورها من ناحية القطب الشمالى ، حيث كان سطحها – حينذاك – يشابه سطح القمر كما نراه الآن .

ولقد أطلق على اليابسة فى هذه المرحلة اسم النطاق الصخرى Litho-Ecosphere تمييزاً لها عن النطاق المائى Hydro-Ecosphere الذى كان يتكون من محيط واحد عظيم الاتساع يشغل حوالى ثلثى كوكبنا الذى نعيش عليه .

ويتكون النطاق الصخرى لسطح الأرض من ثلاثة أنواع من الصخور ، الصخور البركانية (النارية) igneous rocks ، والصخور الرسوبية sedimentary rocks والصخور المتحولة metamorphic rocks .

وترجع نشأة الصخور البركانية إلى بداية تكوين اليابسة ، نتيجة تصلب الحمم البركانية المنصهرة ، مكونة كتلا صخرية صلبة . ومن أمثلة هذه الصخور : الجرانيت granite والبازلت basalt والديوريت diorite ، حيث تتكون هذه الصخور من بعض المعادن الأساسية مثل الكوارتز quartz والفيلسبار felspars والميكا mica والأوجيت augite .

ولقد تعرضت الصخور البركانية لعوامل التعرية ، ثم أعيد ترسيبها فى طبقات مكونة صخوراً رسوبية ، فعلى سبيل المثال يعتبر الصخر الرملى sand stone صخر رسوبيًا متكونا من رمال الكوارتز ، بينما يتكون الطفل shale من صلصال أو

طين . ومن الصخور الرسوبية الأخرى الحجر الجيرى lime stone والدلوميت dolomite .

وتختلف الصخور الرسوبية فيما بينها من ناحية محتوياتها الكيميائية طبقا لنوع الصخر الأصلى (البركانى) الذى تكونت منه ، كما يمكن لهذه الصخور الرسوبية أن تتعرض هى الأخرى إلى عوامل التعرية – شأنها فى ذلك شأن الصخور البركانية – ؛ حيث يؤدى ذلك إلى تكوين كتل صخرية صغيرة rock rubble تستمر فى التفتت ؛ مكونة حبيبات صغيرة الحجم مفككة ، تكون ما يمكن ان يطلق عليه اسم التربة soil .

وتتكون التربة من حبيبات مختلفة الأحجام ، حيث يحدد حجم هذه الحبيبات نوع التربة وقوامها وخصائصها الطبيعية . فعلى سبيل المثال ، تكون التربة رملية أو حصوية إذا زادت أقطار حبيباتها عن ٥٠ ميكرونا ، بينما يتراوح حجم حبيبات السلت بين ميكرونين و ٥٠ ميكرونا ، ويقل قطر حبيبات الطين عن ميكرونين .

وتتكون الصخور المتحولة metamorphic rocks عن تحول الصخور الأخرى (البركانية والرسوبية) عند تعرضها للضغوط العالية والحرارة المرتفعة ، حيث يؤدى ذلك إلى تغير هذه الصخور فى صفاتها الطبيعية . فعلى سبيل المثال ، يتحول صخر النايس – وهو صخر صوانى يتكون من بلورات صغيرة – إلى صخر الشيست – وهو صخر متبلور سهل الانفلاق إلى طبقات – ، ويتحول الصخر الرملى إلى صخر الجوارتزيت quartzite ، ويتحول الطفل الصفائحى shale إلى حجر الاردواز slate، بينما يتحول الحجر الجيرى إلى رخام .

ويوفر سطح هذه الصخور بكافة أنواعها (نارية – رسوبية – متحولة) وكذلك الحبيبات المفككة – الناتجة من عوامل التعرية على شواطئ اليابسة – بيئة مناسبة للكائنات الحية الدقيقة مثل البكتريا ، والطحالب ، والفطريات ، والأشنيات، وغيرها – ذات النشأة البحرية فى المحيط الأعظم عند بدء الخليقة ، والتى تقاذفتها الأمواج إلى شواطئ اليابسة فى ذلك العصر السحيق .

ويعتقد أنه مرت ملايين السنين حتى استطاعت هذه الأحياء الدقيقة التأقلم على بيئة المياه الضحلة بالقرب من شواطئ المحيط الأعظم ، وفى خلجان المياه الضحلة

الناتجة عن ملء الأودية المنخفضة القريبة من الشاطئ بمياه المحيط . وبعد مرور أجيال لا حصر لها استطاعت بعض هذه الأحياء الدقيقة النمو تحت هذه الظروف القاسية ، فى بداية عهدها للنمو على اليابسة .

وعلى طول شواطئ المحيط الأعظم الصخرية ، وطنت أعداد وفيرة من عشائر السيانوباكتريا cyanobacteria والطحالب والفطريات الأولية نفسها على النمو والتكاثر فى هذه البيئة الصعبة . واستمرت هذه الأحياء الدقيقة فى التقدم لغزو اليابسة على طول ساحل المحيط الأعظم ، يساعدها على ذلك حركة الأمواج ، وطرطشة الماء، وسقوط الأمطار .

ولقد وجدت العديد من عشائر هذه الأحياء الدقيقة على سطوح الصخور الأرضية، وفى الفوالق والشقوق بين الصخور – خاصة تلك التى يتجمع فيها الماء – وأيضا على الحبيبات المفككة التى كونت التربة فيما بعد ، بيئة مناسبة لها ، استطاعت خلالها إذابة أملاح السليكات وغيرها من الأملاح المكونة لهذه الصخور ، عن طريق إفراز أحماض عضوية ومواد مخلبية (Silverman & Munoz, 1970) .

وعاشت هذه الأحياء الدقيقة فى عشائر متداخلة ، استطاع بعضها الاستفادة من ضوء الشمس عن طريق الصبغات الأولية الممثلة للضوء ، بينما عاش البعض الآخر مستفيدا أو متعايشا ، وفي بعض الأحيان متطفلا على هذه الكائنات الأولية الذاتية التغذية .

وأدى هذا السلوك التعاونى بين الأحياء الدقيقة بعضها وبعض – ومنها الفطريات بطبيعة الحال – من توطيد نفسها على الحياة فى هذه البيئة الأرضية الجديدة . كما لعبت الأمطار دورا هاما فى استمرار وجود وانتشار الأحياء الدقيقة على اليابسة ، بل وتطورها إلى نباتات أكثر رقيًا وأعقد تركيبا ، وكان انتشار هذه الفطريات – حينذاك – مولدا لما نطلق عليه الآن اسم الفطريات الأرضية (فطريات اليابسة Terrestrial fungi (terricolous fungi) .

ولقد وفر نمو النباتات الأولية المادة العضوية اللازمة لنمو هذه الفطريات الأرضية ، كما عملت هذه الفطريات على تحليل المخلفات العضوية المعقدة إلى مواد بسيطة تصلح للامتصاص بواسطة جذور هذه النباتات الأولية . وأدى ذلك إلى وجود نوع من التعايش بين هذه النباتات الأولية وما يعيش حولها من الأحياء الدقيقة ، ومنها

الفطريات التى زاد نموها فى تربة الأرض زيادة كبيرة بالمقارنة بعشيرة الفطريات فى البيئة المائية (Mishustin, 1975)

واستطاعت الأحياء الدقيقة غير ذاتية التغذيـــة heterotrophic microorganisms إعادة التوازن الغذائى على سطح الأرض ، محللة المواد العضوية المعقدة من مختلـف مصادرها إلى مواد أولية بسيطة يسهل امتصاصها بواسطة الأحياء الأخرى .

ومن الصعب تحديد العوامل التى ساعدت الفطريات الأرضية للتـأقلم علـى بيئـة اليابسة الصعبة . ونظـرا لتنوع بيئة اليابسة تنوعا لا حدود لـه ، فـإن تـأقلم هـذه الفطريات مع الحياة فى مختلف البيئات الأرضية لابد وأنه قد سلك دروبا مختلفة لكـى يتوائم كل فطر مع الحياة والنشاط فى مواطنه .

ثانيا ـ عشائر الفطريات الأرضية :

تعتبر التربة ذات المحتوى العضوى بيئة صالحة لنمو عديد من العشائر الفطريـة ، حيث يتداخل نمو هذه الفطريات مع غيرها من عشائر الأحياء الدقيقة الأخرى ؛ مثـل البكتيريا والطحالب والحيوانات الصغيرة .

وينتشر ميسليوم عشائر هذه الفطريات على شكل شبكة من الخيوط الهيفيـة التـى تتخلل حبيبات التربـة ، حيث يعمل ذلك على ربط هذه الحبيبات بعضـها ببعـض ، وكذلك على تكوين بناء جيد للتربة يصلح لنمو النباتات (Lynch & Bragg, 1985) . ويظهر ذلك بوضوح عند فحص عشـائر الفطـريات ميكـروسكوبيا باسـتخدام الشـرائح الزجاجيـة المدفونة buried slids . ولقد أوضحت مثل هذه الـدراسات أن الجرام الواحد من التربة الخصبـة يحتوى على عدة مئات من أمتار الهيفات الفطـرية (Elmholt & Kjoller, 1987) ، وهذا يعنى أن طول الهيفات الفطريـة فـى فـدان واحد من الأرض الخصبة (بعمق ١٥ سنتيمتر) قد يصل إلى حوالى ١٠٠ مليون كيلو متر !.

ولقد قسم (1924) Winogradsky عشائر الفطريات الأرضية إلى ما يلى :

١ – الفطريات المحللة للمواد العضوية المعقدة ببطء ولكـن بصـورة مسـتمرة ، ويطلق على هذه الفطريات autochthonous fungi .

٢ – الفطريات التى تنمو على مواد بسيطة سهلة الامتصاص ، حيث تنشط هذه الفطريات عند توفر مثل هذه المواد البسيطة ، ويطلق عليها اسم zymogenous fungi . وتعتبر هذه الفطريات من قاطنات التربة الحقيقية true indigenous soil forms .

٣ – الفطريات التى تنمو فى التربة بصفة مؤقتة (غازيات التربة exochthonous fungi) والتى يطلق عليها أيضا اسم allochthonous fungi ، مثال ذلك الفطريات الممرضة للإنسان والحيوان .

وعلى الرغم من هذا التقسيم ، إلا أنه من الصعب وضع حدود واضحة تفصل بين هذه العشائر الفطرية فى الطبيعة . كما أن تأقلم هذه الفطريات للنمو فى مختلف ظروف اليابسة جعلها تتطور تبعا لنوع البيئة التى تنمو فيها .

فعلى سبيل المثال ، تنمو على أوراق الأشجار وفروعها الميتة المتساقطة على سطح الأرض فطريات محللة للسيليلوز واللجنين ، كما تنمو فى الأراضى ذات رقم الحموضة المرتفع أو المنخفض فطريات تتحمل ذلك . وتعيش فى المناطق القطبية بعض الفطريات فى التربة التى تتعرض للتجمد معظم شهور السنة ، حيث تنمو الفطريات المتحملة للبرودة والمحبة لها ؛ وكذلك فى المناطق الصحراوية ذات المناخ الجاف الحار ؛ حيث تنمو فى تربتها عشائر الفطريات المتحملة للجفاف والحرارة العالية .

وبصفة عامة ، تعيش العشائر الفطرية بصورة حرة فى التربة ، متغذية على المواد العضوية ، أو قد تكون متعايشة فى علاقة ميكورهيزا مع جذور النباتات . وتوجد الفطريات عادة فى الطبقة السطحية من التربة ، بعمق حوالى عشرة سنتيمترات ، بينما نادرا ما توجد لأعمق من ٣٠ سنتيمترا . ويزداد الانتشار الرأسى للفطريات فى الأراضى العضوية المفككة الجيدة التهوية .

ومعظم الفطريات القاطنة للتربة تابعة للفطريات الناقصة ، مثال ذلك الأنواع التابعة للأجناس *Aspergillus* ، و *Geotrichum* ، و *Cephalosporium* ، و *Phoma* و *Helminthosporium* ، و *Cladosporium* ، و *Aureobasidium* ، و *Penicillium* و *Arthrobotrys* ، و *Trichoderma* ، و *Fusarium* ، و *Alternaria* .

إلا أن هناك كثيرا من الفطريات البازيدية التى تستوطن التربة ، خاصة فطريات عيش الغراب من الأجناس *Agaricus* ، و *Amanita* ، و *Coprinus* ، و *Russula*

و *Boletus* . وتنمو هيفات هذه الفطريات وأشكالها الجذرية (الريزومورفات rhizomorphs) فى التربة وعلى المخلفات العضوية ، بينما تتكون الأجسام الثمرية فى فصل الخريف عندما تتساقط أوراق الأشجار وفروعها الميتة ، مما يوفر لها مزيداً من المواد الغذائية .

ومن الفطريات البازيدية الأخرى القاطنة للتربة الفطر *Rhizocionia solani* – وهو فطر ناقص يكوّن أجساماً حجرية – ولقد شوهد طوره الكامل *Thanatephorus cucumris* مكوناً حوامل بازيدية عارية على المواد العضوية التى ينمو عليها تحت ظروف المعمل فى مصر (أبحاث للمؤلف وآخرين Ahmed et al., 1994) .

وبالإضافة إلى الفطريات السابقة ، تنتشر فى التربة فطريات أخرى أقل رقيًا ، مثال ذلك تلك الأنواع التابعة للفطريات الزيجية من الأجناس *Rhizopus* ، و *Mucor* ، و *Allomyces* ، وأيضا بعض الفطريات البيضية التابعة للجنس *Pythium* (Atlas & Bartha, 1993) .

كما تعتبر الخمائر من الفطريات الشائعة الانتشار فى معظم أنواع الأراضى ، ومعظمها يتبع الفطريات الناقصة . ومن أكثر هذه الخمائر شيوعا ، الأنواع التابعة للأجناس *Candida* و *Rhodotorula* و *Cryptococcus* ، بالإضافة إلى بعض الأجناس القليلة الانتشار مثل *Lipomyces* و *Schwanniomyces* و *Kluyveromyces* و *Schizoblastosporium* و *Hansenula* . كما تجد بعض خمائر سطوح الأوراق طريقها إلى التربة من خلال تساقط هذه الأوراق على سطح الأرض .

وتنمو معظم فطريات اليابسة تحت الظروف المواتية لها، مثل رطوبة التربة وتهويتها والتركيز المناسب من المواد الغذائية الصالحة لتغذيتها . فعلى سبيل المثال تحتاج بعض هذه الفطريات فى غذائها إلى المواد الكربوهيدراتية ، بما فيها السكريات المعقدة ، بينما لا يمكنها تحليل اللجنين ، الذى تحلله فطريات أخرى .

ثالثاً ـ طور السكون Dormancy :

تدخل كثير من التراكيب الفطرية التى تكونها الفطريات القاطنة لليابسة فى مرحلة

سكون قد تكون قصيرة ، أو تطول إلى عشرات السنين ، تظل خلالها محتفظة بحيويتها.

وتعتبر هذه الظاهرة من المظاهر المألوفة الشائعة الانتشار بين هذه الفطريات ، إن كانت مختلفة الأسباب . فعلى سبيل المثال يؤدى غياب المواد الغذائية المناسبة لتغذية الفطر إلى سكونه وتوقفه عن النشاط ، وقد يكوّن خلال هذه الفترة تراكيب فطرية ساكنة متخصصة Specialized dormant structures .

وتختلف التراكيب الفطرية السابقة فيما بينها تبعاً لنوع الفطر ، وقد يكوّن الفطر أكثر من تركيب متخصص ساكن . ومن هذه التراكيب الجراثيم الأسبورانجية sporangiospores والكونيديات conidia والجراثيم البيضية oospores والجراثيم الأسكية ascospores والجراثيم البازيدية basidiospores والجراثيم الكلاميدية chlamydospores والأجسام الحجرية sclerotia ، بالإضافة إلى الميسليوم الفطرى نفسه الذى قد يفقد نشاطه ويتوقف عن التغذية ويسكن .

وهناك العديد من العوامل التى تثبط الوحدات الفطرية السابقة وتمنعها عن النشاط والإنبات وكذلك استكمال النمو ، حيث يطلق على هذه العوامل اسم مثبطات التربة الفطرية soil fungistasis (Lockwood, 1977) .

ولقد شوهدت مثل هذه التأثيرات المثبطة لنشاط الفطريات فى جميع أنواع الأراضى، فيما عدا المناطق العميقة من التربة والتى يقل فيها تركيز الأحياء الدقيقة، وكذلك الأراضى الزائدة الحموضة أو الشديدة البرودة . وتزداد ظاهرة تثبيط النشاط الفطرى فى التربة بإضافة المواد العضوية المتحللة .

ويبدو أن هذا التثبيط يصاحب نشاط الأحياء الدقيقة الأخرى فى التربة ، حيث وجد أن تعقيم التربة يحد من هذا التأثير المثبط . ويؤدى إزالة أو انتهاء التأثير السابق إلى عودة الوحدات الفطرية لسابق نشاطها ، فتنبت الجراثيم ، وتستكمل الهيفات نموها .

رابعاً ـ توزيع الفطريات فى التربة :

تقل أعداد الوحدات الفطرية fungal propagules وتنوع الفطريات بصفة عامة كلما تعمقنا فى التربة ، حيث ينتج ذلك عن التغيرات الطبيعية والكيميائية فى صفات

التربة. ويرتبط توزيع الفطريات فى الطبيعة على وجـود المادة العضوية ، حيث تزداد هذه العشائر الفطرية فى العدد والتنوع على المخلفات النباتية المتحللة فى الطبقة العليـا من التربة ، بينما تقل هذه العشائر فى الطبقات السفلى .

وتسود عشائر الفطريات قاطنة الأوراق leaf-inhabiting fungi سـطح التربـة ؛ وذلك خلال فصل الخريف ، عندما تتساقط أوراق الأشجار ؛ بينما تسـتمر الفطريـات قاطنة التربة فى الطبقات السفلى التى تقل فيها المادة العضوية ، مثـال ذلـك الأنـواع التابعة للأجناس *Trichoderma* و *Penicillium* و *Mucor* و *Fusarium* وغيرها من أنواع الأجناس الأخرى .

ويتعايش ميسليوم الفطريات القاطنة للتربة فى الطبقات المعدنية السفلى the mineral layer مع جذور النباتات النامية حوله ، حيث يستفيد من المواد العضوية المفرزة مـن الجذور كمصدر رئيسى للكربون .

وفى عمق التربة ، يقل عدد ونوع الفطريات بدرجة كبيـرة ، وقد يرجع ذلك إلـى قلة التهوية ، وإلى تكوين غازات مثبطة لنمو هذه الفطريـات . إلا أن هنـاك أنواعـا محدودة من الفطريات يزداد عددها بزيـادة عمـق التربـة ، خاصـة بعـض الفطـريات الناقصة (Bisset & Parkinson, 1979) . وفـى الأراضـى غـير المنزرعة، يلاحظ أن الفطريات الناقصة تمثل أكثر من نصف العـدد الكلى للفطريـات المعزولة من الطبقة السفلى من التربة (Sewell, 1959) .

كما وجد أن نسبة كبيرة من ميسليوم الفطريات الموجودة فى الطبقة السـفلى مـن التربة يكون ميتاً . وفى تجربة قام بها الباحثان (Nagel-de Boois & Jansen (1971 تمت دراسة النشاط الفطرى فى تربة مخلوطة بخشب البلوط فى هولاندا على أعمـاق مختلفة بالمقارنة بتربة غير مخلوطة .

وأظهرت نتائج الدراسة السابقة ، أنه بعد ثلاثة أسابيع من المعاملـة كـان أعلـى مستوى للعشائر الفطرية فى الطبقة السطحية المغطاة بالأوراق الخـام ، وأيضـا فـى الطبقة التالية لها ، والتى تتميز بقلة التهوية ، حيث نشطت فيها فطريات التخمر التـى تعمل على تخمر المواد العضوية بها ، حيث يطلق على هـذه الطبقـة fermentation layer .

ووجد الباحثان السابقان أيضاً ، زيادة نشاط العشائر الفطرية خلال فصل الربيع ومع

بداية فصلى الصيف والخريف ، بينما يقل نشاط هذه الفطريات خلال الفترة من شهر فبراير إلى شهر أبريل ، وكذلك من شهر أغسطس إلى شهر سبتمبر .

وتزداد الكتلة الحيوية الكلية التى يكونها الفطر – من هيفاته وتراكيبه الفطرية الأخرى لكل جرام تربة أو مادة عضوية متحللة – إلى أقصى حد لها ، وذلك عند نموه فى طبقة المواد العضوية المتحللة . وتشمل هذه الكتلة الحيوية للفطر على نسبة عالية من الميسليوم الميت ، والتى قد تصل إلى حوالى ٩٥٪ من جملة الهيفات الفطرية المتكونة فى هذه الطبقة .

وتتميز الطبقة العضوية تحت السطحية من التربة بارتفاع نسبة الهيفات الفطرية النشطة ، بالمقارنة بالطبقات السفلى ذات المحتوى القليل من عشائر الفطريات . ويلاحظ أن العوامل المحددة لنشاط هيفات هذه الفطريات فى التربة هى عوامل التربة نفسها ؛ مثل التهوية وكائنات التربة الدقيقة الأخرى .

ولقد حصل Frankland (1975) على نتائج مشابهة من دراسته لنشاط عشائر الفطريات فى تربة الغابات متساقطة الأوراق فى لانكشير بإنجلترا خلال شهر يوليو . وأظهرت النتائج زيادة الكتلة الحيوية لميسليوم الفطريات فى الطبقة السطحية من التربة، بينما كانت أقل ما يمكن فى الطبقة السفلى والتى تميزت بانخفاض نسبة الهيفات الحية بدرجة كبيرة بالمقارنة بالطبقة العليا من التربة .

وتختلف عشائر الفطريات اختلافا واسعا باختلاف البيئات المناخية التى تتواجد فيها، وأيضا باختلاف الكساء النباتى فى مثل هذه المناطق المناخية وما يتبعه من تغير النظام البيئى ecosystem بصفة عامة .

فعلى سبيل المثال ، وجد Christensen (1981) انتشار أنواع من الفطريات التابعة للأجناس *Fusarium* و *Papulaspora* و *Humicola* فى الأراضى العشبية ذات المناخ المعتدل ، بينما يعتبر الفطر *Paecilomyces carneus* وبعض الأنواع التابعة للجنس *Oidiodendron* من الفطريات المميزة لتربة الغابات . وأيضا وجد أن الأنواع القاطنة لتربة الأراضى العشبية من الجنس *Mortierella* تختلف عن الأنواع المنتشرة فى تربة الغابات .

وعلى الرغم من أن تساقط الأوراق على سطح التربة يعمل على زيادة المادة العضوية التى تحللها الفطريات ، وإنتاج أحماض عضوية تخفض من رقم حموضة

التربـــة ، إلا أن ذلك يعمل على زيادة أنـــواع معينة من الجنس *Penicillium* فى تربة الغابات تختلف عن تلك الأنواع النامية فى الأراضى العشبية .

ليس هذا فحسب ، بل تؤثر أنواع الأشجار السائدة فى الغابات فى تحديـــد عشـــائر الفطريات التى تنمو على أوراقها المتساقطة وفروعها الميتة علـــى الأرض . ويمكـــن ملاحظة ذلك فى غابات الأشجار المخروطية ، والأخرى ذات الأشجار الدائمة الخضرة أو المتساقطة الأوراق .

وفى المنطقة القطبية الشمالية ، يكوّن ميسليوم الفطريات القاطنـــة للتربـــة عشـــيرة ضخمـــة من الهيفـــات ، تتبـــع عـــادة أنواعـــا مختلفة من الجنسين *Chrysosporium* و *Tolypocladium* .

ويمكن للفطريات السابقة التواجد فى أراضى المناطق المعتدلة ، التى تمر بظروف مناخية باردة رطبة ؛ كما هى الحال فى إنجلترا (Widden, 1987) ، بينمـــا تســـود فطريات أخرى – تتبع غالبا الجنس *Aspergillus* – الأراضى العشبية فـــى المنـــاطق الصحراوية وشبه الصحراوية (Christensen, 1981) .

وتنتشر بعض فطريات التربة فى أراضى عديد من المناطق المناخية المتباينة ، بينما هناك أنواع يتحدد وجودها فى مناطق مناخية بذاتها دون غيرها . كما تُظهر العشـــائر الفطرية القاطنة للتربـــة اختلافات موسمية فى انتشارها ونشاطها ، مثال ذلك الفطريات التى تنشط أنواعها خلال فصل الصيف summer species ، والأنواع الأخرى الشتوية النشاط winter species .

ومن أمثلة ذلك ، انتشار الفطر *Trichoderma polysporum* فى تربـــة الغابـــات الصنوبرية بكندا canadian spruce forest soil خلال فصلى الخريف والشتاء ، بينما ينتشر الفطر *T. viride* فى فصل الربيع ، والفطر *T. koningii* خلال فصل الصيـــف فى نفس الغابة (Widden & Abitol, 1980) .

وبصفة عامة ، تميل العشائر الفطرية التى تنتشر فى التربة خلال فصلـــى الشتـــاء والربيع إلى الاختلاف عن تلك المنتشرة فى التربة خلال فصلى الصيف والخريـــف ، حيث قد يكون ذلك راجعا إلى عدم قدرتها على منافسة غيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخـــرى الموجـــودة فى التربـــة ، والتى يرتبـــط نشاطـــها بالظـــروف الجويـــة السائدة (Widden, 1986) .

خامساً ـ نشاط الفطريات فى التربة :

لا يمكن اعتبار التربة تراكما من حبيبات ناتجة عن تعرية الصخور ، بل هى بيئة تنبض بالحياة ، حتى تحت أقصى الظروف البيئية . ولولا انتقال نشاط الأحياء الدقيقة من البيئة البحرية إلى بيئة اليابسة ، ما ظهرت الحياة على الأرض بكل أشكالها وأنواعها ، ولظلت اليابسة صخرا صما لا روح فيه ولا حياة .

وتعيش فطريات اليابسة على صخور الجبال ، وفى تربة الأرض سواء أكانت رملية أو طينية ، جافة أو رطبة ، حمضية أو قلوية . ولا تكاد تخلو بيئة أرضية ما من نشاط الفطريات ، حتى فى عيون المياه الساخنة ، وفى رمال الصحراء فى المناطق المناخية الجافة وشبه الجافة ، وأيضا وسط ثلوج القطبين .

ويزداد نشاط هذه الفطريات كلما زادت خصوبة البيئة التى تنمو فيها . وحيث إنها كائنات حية غير ذاتية التغذية ، فإنها تعتمد فى نموها على مصادر كربونية عضوية لذلك يرتبط نشاط الفطريات بتوزيع المادة العضوية على اليابسة .

وللفطريات دور كبير فى المحافظة على التوازن الحيوى والغذائى فى الكون ، فهى تحلل المواد العضوية المعقدة بصرف النظر عن مصدرها ، وبذلك تيسر العناصر الغذائية الأولية الذائبة فى الماء لنفسها ولغيرها من الأحياء من حولها ، بالإضافة إلى انطلاق غاز ثانى أكسيد الكربون ، والذى يعوض استهلاكه المستمر خلال عملية التمثيل الضوئى التى تقوم بها النباتات الخضراء ، ولولا نشاط الفطريات لتم تثبيت هذا الغاز خلال أربعين سنة من التمثيل الضوئى المستمر .

ويتداخل نشاط الفطريات فى التربة مع نشاط غيرها من الأحياء الدقيقة الأخرى ، كالبكتيريا والطحالب والبروتوزوا ، وأيضا مع جذور النباتات سواء أكانت برية أم إقتصادية ، حولية أم معمرة ، عشبية أم شجرية . وتلعب ظروف التربة ونوعها وطبيعة تركيبها ، وكذلك الظروف الجوية السائدة ، دورا فعالا فى تحديد نشاط هذه الفطريات وعلاقتها بالأحياء الأخرى حولها .

سادساً ـ الفطريات الأرضية المتحملة للحرارة والبرودة :

تعتبر معظم الفطريات محبة للحرارة المعتدلة mesophiles ؛ حيث تنمو على

مدى حرارى يتراوح بين ٥°م إلى ٣٠°م ، إلا أن درجة الحرارة المثلى للنمو الفطرى تنحصر فى نطاق أضيق ، يتراوح بين ٢٥°م و ٣٠°م .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن بعض الفطريات يمكنها النمو جيداً خارج الحدود المثلى السابقة ؛ فبعضها يتحمل البرودة psychrotolerant ؛ حيث تنمو هيفاتها عند درجة الصفر المئوى أو بالقرب منها . وعلى العكس من ذلك ، فهناك فطريات أخرى تتحمل درجات الحرارة العالية thermotolerant ؛ حيث تنمو هيفاتها على درجات حرارة أعلى من ٤٠°م .

ولقد تأقلمت عديد من الفطريات على النمو تحت ظروف الحرارة المرتفعة ، ولا تنمو إلا فى البيئات الحارة ؛ حيث يطلق عليها " الفطريات المحبة للحرارة العالية thermophiles " ولا تنمو الفطريات السابقة إذا انخفضت درجة حرارة الوسط عن ٢٠°م . ومن ناحيةٍ أخرى فإن هناك فطرياتٍ تأقلمت على النمو تحت ظروف البرودة ولا تنمو إلا فى درجات الحرارة المنخفضة ، ويطلق عليها اسم " الفطريات المحبة للبرودة psychrophiles " .

ويمكن تقسيم الفطريات تبعاً لمدى تحملها لدرجات الحرارة إلي :

١ – الفطريات المتحملة والمحبة للحرارة العالية :

Thermotolerant and Thermophilic Fungi

تنتشر هذه الفطريات فى أكوام المخلفات النباتية المتخمرة بفعل نشاط الأحياء الدقيقة؛ حيث ترتفع داخلها درجة الحرارة ؛ مثال ذلك : أكوام السباخ البلدى ، وأكوام مخلفات الحديقة . ويعمل ارتفاع الحرارة على زيادة نشاط هذه الأحياء الدقيقة ؛ مما يسرع من تحلل المواد العضوية . وعندما ترتفع درجة الحرارة ، تنشط الفطريات المتحملة لها heat tolerant fungi ، بينما تثبط نمو الفطريات الأخرى .

ولقد تتبع الباحثان Chang & Hudson (1967) تتابع ظهور الفطريات على كومة الكومبوست ؛ حيث أظهرت النتائج أن القش الرطب للقمح يحتوى على عديدٍ من عشائر الفطريات القاطنة التربة ، وأيضاً النامية على سطوح الأوراق (الفيللوسفير). وعندما ترتفع درجة حرارة الكومبوست – خلال عمليات التخمر الميكروبى – تزداد

اعداد أنواع الفطريات المتحملة للحرارة ، حتى تصبح سائدة على غيرها من عشائر الفطريات الأخرى .

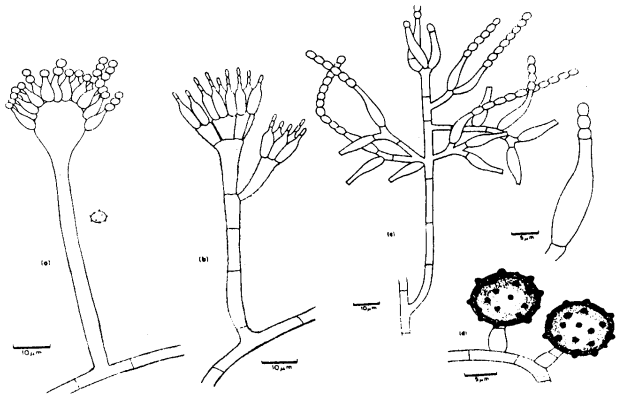
وقد تستمر هذه الحرارة العالية لفترة طويلة فى مركز الكومة ؛ حيث يتوقف ذلك على حجم هذه الكومة . ومع الوقت تنخفض درجة الحرارة تدريجيًا عندما يقل نشاط ميكروبات التحلل ، وعندئذ تعود الفطريات المحبة لدرجة الحرارة المعتدلة إلى النشاط مرة أخرى ، ويقل نشاط الفطريات المحبة للحرارة العالية ، وقد يتوقف نشاط بعضها .

وتُظهر الفطريات المتحملة للحرارة العالية مدى واسعا من السلوك الفسيولوجى ؛ وذلك تبعاً لقدرتها على تحليل المركبات النباتية المعقدة . وبعض هذه الفطريات يمكنها تحليل السيليلوز النقى مائيًا فى المزرعة النقية، وخاصة الفطريات *Humicola insolens*، و *Aspergillus fumigatus*، و *Chaetomium thermophile*، بالإضافة إلى عديدٍ من الفطريات المحللة لمادة كربوكسى مثيل سليلوز CMC و زيلان Xylan قش القمح والأرابينوزيلان arabino-xylan (Chang, 1967 و Flannigan & Sellars, 1972) .

وتظهر القابلية للتحليل المائى للهيميسليلوز بين الفطريات بصفةٍ عامةٍ أكثر من قابليتها للتحليل المائى للسيليلوز ، إلا أن هناك قليلا من الفطريات يمكنها تحليل اللجنين بدرجة ضعيفةٍ ؛ مثال ذلك الفطر الأسكى *Talaromyces thermophilus* ؛ وهو الطور الكامل للفطر *Penicillium dupontii* (Jain et al., 1979) .

وهناك فطريات أخرى محللة للجنين ؛ ولذلك فهى تسبب أعفانا طرية للخشب ؛ مثال ذلك الفطريات *Allescheria* spp. و *Thielavia terrestris* و *Paecilomyces* spp. (Eslyn et al., 1975) . كما يعتبر الفطر *Phanerochaeta chrysosporium* من الفطريات المتحملة للحرارة العالية ؛ حيث يقوم بتحليل اللجنين الداخل فى تركيب المواد اللجنوسيليلوزية (Rosenberg, 1978) .

كما أن بعض الفطريات الأخرى المتحملة للحرارة العالية لا يمكنها تحليل السيليلوز؛ ومثال ذلك معظم عزلات الفطريات *Rhizomucor miehei* (*Mucor miehei*) ، و *Rhizomucor pusillus* (*Mucor pusillus*) ، و *Thermomyces lanuginosus* (*Humicola lanuginosa*) (Jain et al, 1979) .



شكل (٤ - ١) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات المحبة للحرارة العالية .

a = الحوامل الكونيديـــة والكونيديـــات القاروريـــة phialoconidia للفطـــر *Aspergillus fumigatus* .

b = الحـــوامل الكونيديـــة والكونيديات القاروريـــة للفطـــر *Penicillium emersonii* ، وهو الطور النـــاقص للفطـــر الأســـكى *Talaromyces emersonii* .

c = الحوامل الكونيديـــة والكونيديـــات القاروريـــة للفطـــر *Paecilomyces crustaceus* ، وهو الطور الناقص للفطـــر الأســـكى *Thermoascus crustaceus* .

d = كـــــونيديات مغلظة الجـــدر aleuriconidia للفطـــر *Thermomyces lanuginosus* .

وعلى الرغم من أن الفطر *Rhizomucor pusillus* من الفطريات المتحملة للحرارة العالية ، إلا أنه يختفى من قش القمح مبكرا فى المراحل الأولى من تجهيز الكومبوست ، ولا يُعْزى ذلك إلى ارتفاع الحرارة ، حيث إنه يتحملها ، ولكن يعزى إلى أنه من الفطريات التى تفضل النمو على السكريات البسيطة ، والتى سرعان ما تُستهلك بفعل نشاط الأحياء الدقيقة داخل كومة الكومبوست عند إعدادها .

وتعتبر الفطريات المتحملة للحرارة العالية – والتى تنمو على الكومبوست – شائعة الانتشار فى البيئات الدافئة ؛ حيث تتراكم المخلفات العضوية المختلفة ؛ سواء المستخدمة فى زراعة عيش الغراب ، أم تلك التى تجهز بغرض استعمالها كسماد عضوى.

ويلعب النشاط الذى تقوم به الفطريات المتحملة للحرارة العالية دورا كبيرا فى التحليل الجزئى لهذه المخلفات العضوية ؛ وذلك عند تجهيز الكومبوست المستخدم فى زراعة عيش الغراب العادى ؛ حيث يساعد ارتفاع الحرارة على تشجيع التحلل الجزئى، كما يعمل على تعقيم هذا الكومبوست جزئيًا .

وعندما ينتهى إعداد الكومبوست ، يترك حتى تنخفض درجة حرارته ، وبعد ذلك تضاف تقاوى عيش الغراب المراد زراعته . وتنمو هيفات الفطر خلال الكومبوست ، فإذا كان هذا الكومبوست جيد الإعداد ، فإن هيفات الفطر تجد داخله احتياجاتها الغذائية؛ فتنمو سريعا بأقل قدر من المنافسة التى قد تقوم بها الأحياء الدقيقة الأخرى المحبة لدرجة الحرارة المعتدلة mesophiles .

ولقد عزلت الفطريات المتحملة للحرارة المرتفعة من عديد من البيئات الدافئة ؛ مثال ذلك : أعشاش الطيور (Apinis & Pugh, 1967) ، وركام البراكين (Hedger, 1975) . ويمكن لبعض هذه الفطريات أن تسبب عفن وتدهور القش الرطب ، والحبوب المخزونة خاصة تحت الظروف اللاهوائية (Flannigan, 1969) .

وأيضا تسبب بعضُ الفطريات المتحملة للحرارة المرتفعة أمراضا للحيوانات ، كما أن بعضها يسبب أضرارا لصحة الإنسان ، وخاصة للعمال الزراعيين العاملين فى الحقول والمنتجات الزراعية الملوثة بالفطريات *Rhizomucor pusillus* ، و *Aspergillus fumigatus* (Lacey, 1975) .

وفى المناطق الاستوائية ، تسبب بعض الفطريات المتحملة للحرارة تدهوراً لمحصول الفول السودانى ولزيت النخيل ؛ حيث تفرز هذه الفطريات إنزيمات محللة للزيوت fungal lipases تعمل على تشجيع أكسدة الزيوت إلى أحماض دهنية .

وتنتشر الفطريات المتحملة للحرارة العالية فى تربة المناطق المعتدلة ؛ حيث تنمو فى المواسم الدافئة . ولقد عُزلت عديدٍ من أنواع هذه الفطريات فى إنجلترا ؛ حيث ترتفع حرارة التربة إلى أعلى من ٢٠°م فى الصيف . ومن ناحيةٍ أخرى لا يوجد دليل على زيادة انتشار الفطريات المحبة للحرارة العالية عن تلك المحبة للحرارة المعتدلة فى تربة المناطق الاستوائية ، ولكن يبدو أن العامل المحدد لانتشار هذه الفطريات هو محتوى التربة من الرطوبة (Hedger, 1975) .

ولقد زاد الاهتمام مؤخراً بمعاملة نفايات المدن التى تحتوى على نسبةٍ عاليةٍ من المواد السيليلوزية – مثل نفايات الورق ، ومخلفات النباتات – بالفطريات المتحملة للحرارة العالية ؛ حيث يتم تجهيز كومبوست يستعمل فى تسميد الحدائق والمنتزهات ، مما يفيد فى إعادة تدوير المخلفات واستخدامها فيما يفيد ، ويقلل من تلوث المدن .

ومن الأهمية بمكانٍ أن تسود درجة الحرارة العالية خلال مراحل التحليل الجزئى للمخلفات العضوية ، ليس فقط لتشجيع نشاط الفطريات المشاركة فى هذا التحليل ، ولكن أيضاً لتقليل أعداد العشائر البكترية إلى أدنى مستوى لها ، بحيث لا تؤثر على الصحة العامة .

وهناك نواح تطبيقية أخرى تُستخدم فيها مثل هذه الفطريات المتحملة للحرارة العالية ؛ مثال ذلك التخلص من المخلفات العضوية بطريقةٍ مأمونةٍ واقتصادية ؛ وذلك عن طريق عمل كومبوست قد تدخل فى تركيبه مخلفات حيوانات المزرعة وطيورها. ويمكن استخدام هذه المخلفات فى زراعة عيش الغراب لإنتاج بروتين فطرىّ يضاهى البروتين الحيوانى ، كما تستخدم المخلفات الناتجة بعد زراعة عيش الغراب فى إنتاج علفٍ للماشية أو سماد عضوى .

ويتم خلال التحويل الحيوى للمواد اللجنوسيليلوزية تحليل اللجنين كخطوةٍ أولى ، يتم بعدها تخلل الإنزيمات المحللة للسيليلوز لهذه المركبات العضوية

المعقدة . ويعتبر تحليل هذه المخلفات العضوية – حيويًا – أقل تكلفة بالمقارنة بالوسائل الأخرى التى يمكن أتباعها مثل استخدام الكيماويات ، والتى تسبب أيضا تلوثا للبيئة .

ويستعمل فى التحول الحيوى لهذه المخلفات العضوية بعض الفطريات البازيدية ؛ مثل الفطر *Phanerochaete chrysosporium* ؛ وهو فطر سريع النمو ، يتحمل الحرارة العالية ، ويسبب عفنا أبيض نتيجة تحليله للسيليلوز واللجنين فى نفس الوقت. ويمكن استخدام المخلفات العضوية المتحولة علفا للماشية ؛ حيث تتحسن درجة استساغة الحيوان لها . وعلى أية حال يختلف نوع الفطر المستخدم تبعا لنوع المخلف النباتى (Zadrazil, 1980) .

وينمو الفطر السابق على المخلفات اللجنوسيليلوزية الناتجة من مصانع الورق ؛ حيث ينتج عنه بروتين فطرى عالى القيمة الغذائية . ويؤدى استعمال هذا الفطر فى مصانع الورق إلى تنقية المياه الناتجة خلال التصنيع من الألياف الخام ، حيث تمثل هذه الخطوة قيمة اقتصادية عالية . وينتج عن ذلك بروتين فطرى قدره ١٤٪ من الإنتاج النهائى .

ولقد تم تحقيق بعض النجاح باستخدام الهندسة الوراثية فى إنتاج سلالاتٍ من الفطر *Phanerochaete chrysosporium* ذات قدرةٍ أقل على تحليل السيليلوز ؛ حيث تستخدم هذه السلالات فى تحليل لجنين الخشب ، وتقليل الفقد فى ألياف السيليلوز المستخدمة فى صناعة الورق ؛ مما يعطى منتجاً نهائيًا ذا ألياف سيليلوزيةٍ قويةٍ .

وتتميز الفطريات المتحملة للحرارة المرتفعة – التى تستخدم فى تكنولوجيا التحولات الحيوية – بعدم احتياجها إلى عمليات التبريد خلال مراحل نموها على المخلفات العضوية ؛ مما يقلل من تكاليف الإنتاج بالمقارنة باستخدام الفطريات المحبة للحرارة المعتدلة ، والتى يتوقف نشاطها عند ارتفاع درجة الحرارة الناتجة عن التمثيل الغذائى .

كما يتميز ارتفاع درجة حرارة الوسط – الذى يتم خلاله التحول الحيوى – بتثبيط نمو عديدٍ من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى ؛ وهذا يؤدى إلى خلو المنتج النهائى من التلوث بالميكروبات المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة .

٣ – الفطريات المتحملة للبرودة Psychrotolerant fungi :

وجدت عديد من الفطريات نامية فى القطبين الشمالى والجنوبى ؛ حيث تقل درجة الحرارة إلى مادون الصفر المئوى طوال العام ، فيما عدا فصل الصيف ؛ حيث ترتفع درجة الحرارة لأعلى من درجة التجمد . ويسمح ارتفاع درجات الحرارة خلال هذه الفترة بنمو بعض الأنواع الفطرية . وتستطيع هذه الفطريات البقاء محتفظة بحيويتها تحت ظروف البرودة الشديدة التى قد تصل إلى ٤٠ م تحت الصفر .

ويندرج تحت هذه الفطريات المتحملة للبرودة أفراد من معظم الفطريات الحقيقة Eumycota . ولقد وُجد فى قارة انتراكتيكا Antarctica بالقطب الجنوبى عديد من الفطريات الناقصة وذات الميسليوم العقيم (Dowding & Widden, 1974) . كما وجد (Pugh & Allsop (1982 الفطر الناقص *Chrysosporium pannorum* بالإضافة إلى أنواع تتبع الجنس *Mertierella* – وهو من الفطريات الزيجية – نامية على المخلفات النباتية المدفونة تحت الثلوج .

ولقد وجدت فى هذه المنطقة من القطب الجنوبى فطريات مكونة للأجسام الثمرية كبيرة الحجم macrofungi ، نامية على النباتات الخشبية . ومن هذه الفطريات ثمار عيش الغراب ؛ مثل الفطر *Galerina* sp. ، والفطر *Omphalina* sp. ، بالإضافة إلى بعض الفطريات الأسكية (Pegler et al., 1980) .

وعلى الرغم مما سبق ، فإن بعض الفطريات المحبة لدرجة الحرارة المعتدلة قد أقلمت نفسها على النمو تحت ظروف الحرارة شديدة الانخفاض ، والتى تصل إلى خمس درجات تحت الصفر . وتعتبر معظم هذه الفطريات دخيلة على البيئة شديدة البرودة ، وتم انتقالها إليها عن طريق نشاط الإنسان وتنقله من مكان إلى اخر . وتضم هذه الفطريات بعض الأنواع التابعة للجنس الزيجى *Mucor* ، بالإضافة إلى بعض الخمائر .

وتسود هذه الخمائر خلال فصلى الربيع والخريف فى تربة قارة انتراكتيكا ؛ حيث يبدو أنها تأقلمت جيداً على النمو تحت ظروف التجمد . وتتغذى هذه الخمائر على ما ينساب من مواد سكرية من الأنسجة النباتية المتجمدة . وتتبع الخمائر السابقة أنواعا من الأجناس *Candida* و *Rhacodium* و *Cryptococcus* (Tubaki, 1961) .

وعلى الرغم من سيادة عشائر الخمائر فى التربة خلال فصلى الربيع والخريف فى هذه المنطقة من العالم ، إلا أن ارتفاع الحرارة خلال فصلى الصيف والخريف يؤدى إلى زيادة عشائر الفطريات الهيفية ؛ منافسة فى ذلك عشائر الخمائر ، وتعود السيادة - مرة أخرى - للفطريات الهيفية (Wynn - Williams, 1980) .

وتوجد الفطريات المتحملة للبرودة أيضا كملوثات للمواد الغذائية المخزونة فى المبردات (الثلاجات) ؛ فعلى سبيل المثال تنمو بعض الأنواع التابعة للجنس *Penicillium* فى درجة حرارة ٣ تحت الصفر ؛ حيث تعتبر أحد الملوثات الشائعة للثمار والخضراوات المحفوظة بالتبريد . كما تسبب بعض الفطريات الأخرى عفنا للحوم المجمدة والمحفوظة لفترةٍ طويلةٍ فى المبردات ؛ ومن أمثلة ذلك فطريات : *Thamnidium* ، و *Penicillium* ، و *Mucor* ، و *Cladosporium* (Jay, 1987) .

وتسبب بعض سلالات الفطريات المتحملة للبرودة أعفانا خطيرة لثمار الفراولة والخوخ والطماطم المخزنة فى درجات حرارة منخفضة (-٥°م) ؛ بحيث قد تؤدى إلى تلفٍ كاملٍ للمحصول. ومن هذه الفطريات *Botrytis cinerea* ، و *Mucor mucedo*، و *M. pirformis*، و *M. circinelloides*، و *Rhizopus stolonifer*، و *R. sexualis* (Smith et al., 1979) .

وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن هناك عديدا من الفطريات الممرضة للنبات تتحمل الصقيع ، وتنمو جيدا فى درجات الحرارة المنخفضة ؛ حيث إن درجة الحرارة المثلى لها تكون - عادةً - أقل من ٢٠°م ، بينما تصل درجة الحرارة الدنيا إلى خمس درجاتٍ مئويةٍ تحت الصفر . ومن هذه الفطريات الممرضة للنبات : الفطر *Typhula idahoensis* المسبب لمرض رقاد النباتات النجيلية ؛ حيث يُظهر أقصى قدرةٍ مرضيةٍ عند درجة حرارة ١,٥°م تحت الصفر .

وهناك فطريات أخرى ممرضة للنبات تنشط قدرتها المرضية عند انخفاض درجة الحرارة ؛ كالفطر *Fusarium nivale* المسبب لمرض العفن الثلجى snow mould ، والفطر *Phacidium infestans* الممرض لأشجار الصنوبر ، والفطر *Coprinus psychromorbidus* المسبب لمرض العفن الثلجى للنجيليات فى كندا .

٣ – فسيولوجيا تأقلم الفطريات على درجات الحرارة المختلفة :

هناك بعض النظريات الحديثة التى تحاول تفسير كيفية تحمُّل بعض الكائنات الحية الدقيقة للحرارة المرتفعة ؛ حيث يفترض أن هذا التحمل يرجع إلى بعض الصفات الطبيعية والكيميائية للجزئيات الكبيرة الموجودة فى خلايا هيفات الفطر cell macromolecules وللأغشية السيتوبلازمية ، وللجسيمات الموجودة فى الخلية ، والتى تسمح لهذه الفطريات بالاحتفاظ بحيويتها خلال تعرضها لدرجات الحرارة العالية.

وعلى الرغم من تعدد الأبحاث التى أجريت فى هذا المجال ، فإن النتائج المتحصل عليها مازالت قليلة بحيث يصعب وضع نظريةٍ نموذجيةٍ تشرح كيف تتحملّ هذه الفطريات التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة دون أن تفقد حيويتها. ولكن الدراسات السابقة أوضحت مدى ثبات الجزيئات الكبيرة المتكونة داخل خلايا الكائنات الحية الدقيقة النامية تحت ظروف الحرارة العالية thermostable macromolecules ، مثل البروتينات .

فعلى سبيل المثال ، يلاحظ أن البكتريا المحبة لدرجات الحرارة العالية thermophilic bacteria تنتج عديداً من الإنزيمات والبروتينات الهيكلية structural proteins ، والتى تسبب تحملاً ملحوظاً للحرارة العالية . كما أظهرت الدراسات أن بعض الإنزيمات الموجودة فى الكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة mesophiles ثابتة حراريًا ؛ وهذا يتيح الفرصة لهذه الأحياء الدقيقة كى تبقى على قيد الحياة تحت الظروف الاستثنائية غير العادية من ارتفاع درجات الحرارة حولها .

وربما يكون من الأمور المحيرة ، تلك الحقيقة الناتجة عن اكتشاف أن الإنزيمات الموجودة فى الكائنات الحية الدقيقة المحبة للحرارة العالية thermophiles ليست ثابتة حراريًا . وهذا يدعونا إلى الاعتقاد بأن الأساس الفسيولوجى للثبات الحرارى يرجع إلى القدرة الفائقة للكائن الدقيق على سرعة تخليق الجزيئات الكبيرة الثابتة حراريًا ، تعويضاً عما يتلف نتيجة تعرضه لدرجات الحرارة العالية .

إلا أن النظرية السابقة The rapid synthesis hypothesis فشلت فى تفسير الية الثبات الحرارى للبروتين protein thermostability ، والذى قد يرجع إلى تغير نسب الأحماض الأمينية ، أو إلى وجود بعض الأيونات المرتبطة بجزئ البروتين ؛ مثال ذلك أيونات الزنك Zn والكالسيوم Ca والكوبلت Co . وتعتبر الأبحاث التى أجريت فى هذا

المجال قليلة للغاية ، إلا أن المعلومات القليلة المتاحة تدل على تشابه الية تحمّل الحرارة العالية فى الكائناتِ الحية الدقيقة بصفةٍ عامة (Dix & Webester, 1995) .

ومن ناحيةٍ أخرى ، وجد (Crisan (1969 أن المستخلص البروتينى للفطريات *Talaromyces thermophilus* و *Thermomyces lanuginosus* ليس كله ثابتا حراريًا عند ٦٠°م ، ولكن عند إنماء هذه الفطريات تحت ظروف الحرارة المرتفعة ، تزداد نسبة البروتينات الثابتة للحرارة العالية . وتتمشى هذه النتائج مع الملاحظات السابقة ، التى توضح أن بعض الإنزيمات المعزولة من الفطريات المحبة لدرجات الحرارة العالية thermophilic fungi – والتى تتميز بأن درجة الحرارة المثلى لنموها أعلى من ٦٠°م – تكون ثابتة حراريًا ، بينما الكائنات الفطريات التى تقل درجة حرارتها المثلى عن ٦٠°م ، فإن إنزيماتها لا تكون ثابتة حراريًا (Broad & Shepherd, 1971) .

كما وجد فى الفطريات المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة – وأيضا تلك المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة – أنها تكون بروتيناتٍ خاصة ثابتة حراريًا إذا نمت هذه الفطريات تحت ظروف درجات الحرارة العالية . ويزداد تكوين مثل هذه البروتينات فى خلايا الفطريات ؛ حيث تساعد على بناء ما يتلف من الهيكل البنائى للفطريات النامية تحت ظروف ارتفاع الحرارة .

ولا تُظهر الأحماض النووية للكائنات الحية الدقيقة المحبة للحرارة العالية أية قدرة للثبات الحرارى ، بعكس الحال فى الأغشية السيتوبلازمية التى تظهر تأقلما تركيبيًا ووظيفيًا لتحمل الحرارة العالية ؛ بحيث تظل هذه الأغشية محتفظة بقدرتها على النفاذية الاختيارية للتحكم فى مرور الأيونات والجزيئات من الخلية وإليها تحت ظروف ارتفاع درجات الحرارة .

وتلعب الليبيدات المكونة للغشاء السيتوبلازمى دورا كبيرا فى تحمله لدرجات الحرارة العالية ، واحتفاظه بحالته الطبيعية . وتميل هذه الليبيدات إلى التحول للقوام الجيلاتينى عند انخفاض درجة الحرارة ، بينما يؤدى ارتفاع الحرارة إلى سيولتها . ويتحكم فى تحول قوام الغشاء السيتوبلازمى درجة حرارة التحول transition temperature ؛ والتى تعتمد على نسبة ونوع الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة التى يتكون منها الليبيد .

وتتميز الأحماض الدهنية المشبعة بقله عدد الروابط الزوجية التى تعمل على رفع درجة حرارة التحول ، بينما تقلل الأحماض الدهنية غير المشبعة من درجة حرارة التحول . فإذا ما احتوى الغشاء السيتوبلازمى على ليبيدات ذات محتوى عال من الأحماض الدهنية المشبعة ، فإن ذلك يجعله أكثر قدرة على الاحتفاظ بتركيبه ووظيفته عند ارتفاع درجات الحرارة ، بالمقارنة بالأغشية السيتوبلازمية المحتوية على نسبة أعلى من الأحماض الدهنية غير المشبعة ، والتى تكون فى حالة سيولة عندما ترتفع درجة الحرارة .

وعلى العكس من ذلك ؛ فإن الأغشية المحتوية على ليبيدات ذات نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة تكون أكثر ملاءمة فى الكائنات الحية الدقيقة النامية فى درجات الحرارة المنخفضة ، بالمقارنة بالأغشية السيتوبلازمية المحتوية على نسبة عالية من الأحماض الدهنية المشبعة ؛ حيث إن هذه الأحماض تميل إلى أن تكون جيلاتينية القوام عند انخفاض درجة الحرارة .

وعلى ذلك ، فإنه من المتوقع – منطقيا – أن الأغشية السيتوبلازمية للكائنات الحية الدقيقة التى تعيش فى درجات حرارة منخفضة تكون ذات نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة فى ليبيدات الغشاء ، بينما تلك التى تعيش فى درجات الحرارة المرتفعة تكون محتوية على نسبة عالية من الأحماض الدهنية المشبعة .

ولقد وجد Mumma et al., 1971 أن الفطريات المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة تحتوى على مستويات منخفضة من الأحماض الدهنية غير المشبعة فى ليبيدات الغشاء السيتوبلازمى ؛ بالمقارنة بتلك الفطريات المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة . فعلى سبيل المثال ، تحتوى الأنواع المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة من الجنس *Mucor* على نسبة عالية من حمض الأوليك oleic acid ذى الرابطة المزدوجة الواحدة ، بينما يحتوى على نسبة قليلة من حمض اللينولينك linolenic acid ذى الرابطتين المزدوجتين، ونسبة أقل من حمض اللينولينك linolenic acid ذى الروابط الزوجية الثلاث ، بالمقارنة بالأنواع الأخرى المحبة لدرجة الحرارة المعتدلة من نفس الجنس (Sumner et al., 1969) .

وفى أنواع الفطريات المحبة لدرجات الحرارة العالية والمتحملة لها – والتابعة للجنسين *Rhizopus* ، و *Mucor* – فإن نسبة الأحماض الدهنية المشبعة تنخفض عندما

ترتفع درجة الحرارة ، وترتفع عندما تنخفض درجة الحرارة (Hammond & Smith, 1986) ؛ ويعنى ذلك أن مثل هذه الفطريات تُظهر نوعا من التأقلم فى توازن درجة لزوجة الغشاء السيتوبلازمى homeoviscous adaptation (Sinensky, 1974)، وذلك عن طريق تعديل نسبة الأحماض الدهنية المشبعة إلى غير المشبعة ؛ كرد فعل سريع يتناسب مع معدل تغير درجة حرارة البيئة التى تنمو فيها هذه الفطريات .

وعلى الرغم مما سبق ، نجد أن الفطريات المحبة لدرجات الحرارة العالية تميل إلى تخليق ليبيدات ذات محتوى عالٍ من الأحماض الدهنية المشبعة ، بصرف النظر عن درجة الحرارة التى تنمو فيها ؛ وذلك بالمقارنة بالفطريات المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة (Sumner et al., 1969) ؛ ولعل هذا يفسر عدم نمو مثل هذه الفطريات عند درجة حرارة أقل من ٢٠°م ؛ حيث قد يرجع ذلك إلى عدم قدرة هذه الفطريات على تخليق أحماض دهنية غير مشبعة بكمية كافية فى درجات الحرارة المنخفضة ، أو لعدم توافر المواد المتخصصة فى تكوين الروابط الزوجية فى الأحماض الدهنية عند انخفاض درجة الحرارة .

كما وجد Sumner et al., 1969 أن ارتفاع درجات الحرارة لا يؤدى إلى أى اختلاف فى درجات تشبع الأحماض الدهنية فى الفطريات المتحملة للبرودة ، مثال ذلك : الأنواع التابعة للجنس *Mucor* ، وكذلك فطريات الخميرة المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة mesophilic yeasts ..وقد ترجع زيادة نسبة الأحماض الدهنية المشبعة فى ليبيدات الغشاء السيتوبلازمى – للفطريات المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة والمعتدلة – إلى عدم قدرتها على النمو فى درجات الحرارة العالية .

ويبدو أن قدرة الأغشية السيتوبلازمية على الاحتفاظ بكفاءتها فى مدى حرارىّ واسع يرجع إلى تنظيم تحول الأحماض الدهنية المشبعة إلى غير المشبعة والعكس ؛ وذلك من خلال الاستيرولات steroles (Harrison & Lunt, 1980) ، التى تقوم بتأثير مُسيل liquefying effect على الليبيدات التى تميل إلى تكوين قوام جيلاتينىّ ، وتأثير مكثف condensing effect على الليبيدات التى تميل للسيولة (Demel & de Kruyff, 1976).

ولقد وجد (Weete 1980) أن الأستيرولات موجودة بنسبة عالية فى الكائنات الحية الدقيقة المحبة للحرارة العالية على صورة أرجسترول ergosterol ، وعلى الرغم

من ذلك فإن هناك بعض الشكوك فى دور هذه الأحماض الدهنية فى مدى تأقلم الأحياء الدقيقة على درجات حرارة الوسط الذى تنمو فيه .

فعلى سبيل المثال ، وجد (Esser (1979 أنه عند إنماء طفرة من بكتيريا *Bacillus stearothermophilus* – تحت ظروف الحرارة العالية – لم يؤدّ ذلك إلى زيادة نسبة الأحماض الدهنية المشبعة فى ليبيدات الغشاء السيتوبلازمى ؛ مما أدى إلى الاعتقاد بأن الصفات الكيميائية للأحماض الدهنية المكونة لليبيدات الغشاء أقل أهمية من صفاتها الطبيعية فى التأقلم على درجات الحرارة العالية .

وقد تعتمد قدرة تأقلم الكائنات الحية الدقيقة على النمو فى درجات الحرارة العالية على قدرتها فى إنتاج ليبيدات فوسفاتية phospholipides التى يمكنها التجمع فى الغشاء السيتوبلازمى . ومازالت المعلومات المتاحة عن تأثير درجات الحرارة العالية على وظيفة المكونات الأخرى فى خلايا الأحياء الدقيقة قليلة للغاية . ولقد شملت بعض الدراسات تأثير الحرارة على ريبوسومات ribosomes بعض أنواع البكتيريا المحبة للحرارة العالية ؛ حيث أوضحت النتائج أن الريبوسومات ثابتة حراريًا (Stenesh & Yang, 1967) .

ومن ناحية أخرى ، فإن الفطريات النامية فى درجات الحرارة المنخفضة تتميز بإنزيماتها التى تتخلق وتظل فعالة ونشطة تحت ظروف البرودة . ويبدو أن العامل المحدد لنشاطها هو تخليق هذه الإنزيمات . فلقد وجد أن البكتيريا المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة mesophilic bacteria يتخلق بها كمية قليلة من الإنزيمات إذا نمت تحت ظروف البرودة ، بينما يكون الانخفاض فى نشاط الإنزيمات المتكونة – فعلا – محدودا؛ وبالتالى يؤدى انخفاض كمية الأنزيمات المتكونة إلى قلة النمو .

ويشمل التأقلم على درجات الحرارة المنخفضة – أيضا – اليات أخرى ، تعمل على زيادة تركيز المواد الذائبة فى سيتوبلازم هيفات الفطر ، وقد يكون ذلك ضروريًا لمقاومة خطر التجمد ، وفقد الماء الناتج من انخفاض الضغط المائى فى الوسط الذى ينمو فيه الفطر نتيجة تجمد الماء الحر حوله .

ويعتبر تجنب تهشم هيفات الفطر من الأمور الحيوية الضرورية لاستمرار فعالية الغشاء السيتوبلازمى، حيث تتم زيادة تركيز السيتوبلازم بواسطة تخليق كحولات عديدة

الهيدروكسيل polyhydric alcohols (Polyols) ، بالإضافة إلى تراكم الأيونات من خارج الهيفا بنفس الأسلوب الذى تنهجه الفطريات المتحملة للجفاف xerotolerant fungi .

ويعتقد أن الأغشية السيتوبلازمية للفطريات المتحملة للبرودة تحتوى على ليبيدات ذات مستوياتٍ عاليةٍ من الأحماض الدهنية غير المشبعة ؛ حتى تلائم النمو فى درجات الحرارة المنخفضة . فعلى سبيل المثال ، تحتوى ليبيدات الخمائر المتحملة للبرودة على أحماض دهنيةٍ غير مشبعةٍ أكثر من الخمائر المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة ، والتى يزداد فيها مثل هذه الأحماض الدهنية غير المشبعة عندما تتعرض لدرجات حرارةٍ منخفضةٍ (Kerekes & Nagy, 1980) .

ولقد أظهرت الدراسات التى أجريت على الفطرين *Thamnidium elegans*، و *Mucor strictus* أنهما يسلكان نفس سلوك الخمائر المتحملة للبرودة (Dexter & Cooke, 1984) ، بينما لم يجد Sumner et al., 1969 نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة فى ليبيدات الفطرين *Mucor strictus* و *M. oblongisporus* عند تنميتهما عند درجة حرارة ١٠°م ، بالمقارنة بنفس الفطرين عند تنميتهما عند ٢٠ ، ٢٥°م.

وفى دراسة أخرى ، وجد Hammond & Smith (1986) انخفاضا فى نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة فى ليبيدات الفطر *Mucor psychrophilus* عند نموه فى درجات حرارةٍ مرتفعة ، كما زادت نسبة ليبيدات الغشاء السيتوبلازمى غير المشبعة فى عزلات الفطر المحبة للبرودة ، بالمقارنة بالعزلات المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة والعالية عند نموها فى درجات الحرارة الملائمة لها .

وقد يرجع انخفاض أقصى مدى حرارىّ تنمو عليه الفطريات المحبة للبرودة إلى وجود إنزيمات فائقة الحساسية ، تتأثر بأى ارتفاع فى درجة الحرارة . فعلى سبيل المثال ، وجد فى الفطر *Cryptococcus* spp. مثل هذه الإنزيمات ذات الحساسية الفائقة للحرارة العالية؛ وذلك فى دورة التخليق الحيوى للأحماض الأمينية ودورة التنفس (Rose, 1962) .

كما أن هناك دليلا أخر على تأثير درجة الحرارة العالية على النفاذية الاختيارية للغشاء السيتوبلازمى ؛ حيث يصبح منفذا عند ارتفاع الحرارة ؛ وهذا يدل على فشل

الكائن الدقيق فى تخليق أحماض دهنية مشبعة للمحافظة على الغشاء شبه المنفذ فعالا تحت ظروف الحرارة العالية .

٤ – الفطريات المتحملة للجفاف وللضغط الأسموزى العالى : Xerotolerant and Osmotolerant Fungi

على الرغم من أن هناك أسبابا بيئية للتفرقة بين هاتين المجموعتين من الفطريات ، إلا أن الفروق الفسيولوجية بينهما ليست كبيرة ، كما أن بعض الفطريات تظهر تحملا لكل من ظروف الجفاف وارتفاع الضغط الاسموزى فى ان واحد . وتشترك مثل هذه الفطريات فى قابليتها للنمو فى البيئات ذات الضغط المائى المنخفض . وقد يرجع انخفاض الضغط المائى إلى قلة المحتوى المائى فى الوسط أو إلى زيادة تركيز المواد الذائبة فيه .

ويمكن للفطريات المتحملة للجفاف أن تنمو على المواد الشديدة الجفاف ، مع قدرتها المحدودة على تحللها ، بينما توجد الفطريات المتحملة للضغوط الأسموزية العالية نامية فى البيئة ذات الطاقة الاسموزية الشديدة الانخفاض very low osmotic potential .

ويقاس – عادة – مدى تحمل الفطريات للجهد المائى water stress عن طريق قياس إنبات جراثيمها أو نمو هيفاتها أثناء تعرضها للتركيزات العالية من المحاليل المتأينة أو غير المتأينة فى بيئة الأجار . وفى مثل هذه الظروف يتم التحكم فى الضغط المائى عن طريق الضغط الاسموزى لمحلول النمو osmotic potential .

ويمكن تعريف الفطريات المتحملة للجفاف وتلك المتحملة للضغوط الاسموزية العالية بأنها تلك القادرة على النمو فى البيئة ذات النشاط المائى water activity الذى يقل عن 0.85_{aw} (Schmiedeknecht, 1960) . إلا أن بعض هذه الفطريات تنمو عند 0.75_{aw} ؛ مثال ذلك فطر *Aspergillus candidus*، وبعضها – مثل الفطر *A. flavus* والفطر *Penicillium chrysogenum* - ينمو عند 0.78_{aw} ، بينما يستطيع الفطر *P. cyclopium* النمو عند 0.84_{aw} .

وتعتبر الأنواع الفطرية – التى تنمو تحت ظروف الجفاف – قليلة للغاية ، ومعظمها يتبع الفطريات الأسكية الأولية lower Ascomycetes ، والفطريات التابعة لتحت طائفة

الفطريات الأسكية المكونة للأجسام الثمرية المقفولة Plectomycetes ، وكذلك الفطريات الأسكية التى لا تكون أجساما ثمرية Hemiascomycetes .

أ – الفطريات المتحملة للأسموزية Osmotolerant fungi :

تشمل هذه الفطريات بعض الخمائر ، بالإضافة إلى فطريات الأسبرجلس aspergilli التى تنمو على المواد ذات التركيز العالى من السكر ؛ مثال ذلك : المربات ، والحلوى ، وعسل النحل ، ورحيق الأزهار ، والعصائر ، وثمار الفاكهة المجففة ، وغيرها .

ويمكن لبعض هذه الفطريات النمو تحت مستوى منخفض من الماء ؛ فعلى سبيل المثال يمكن للفطر *Monascus (Xeromyces) bisporus* النمو عند 0.60_{aw} ، وهو يعادل حوالى 70MP- عند ٢٥ م . كما أن بعض الخمائر تنمو جيدا فى البيئات الملحية والسكرية على حد سواء ، وكذلك بعض الأنواع التابعة للأجناس : *Hansenula* ، و *Pichia* ، و *Debaryomyces* ، والتى تشمل عديدا من الفطريات البحرية الاختيارية .

وتلعب بعض الخمائر المتحملة للاسموزية العالية دورا هاما فى الصناعات الغذائية؛ مثال ذلك خميرة *Saccharomyces rouxii* التى تستعمل فى إنضاج صلصة فول الصويا المملحة وتخمير عجائن الفطائر المملحة. كما أن بعض الخمائر تسبب خسائر فادحة فى الأغذية السكرية خلال تخزينها .

ب – الفطريات المتحملة للجفاف Xerotolerant Fungi :

تنمو بعض الفطريات فى البيئات الجافة ؛ مثال ذلك أنواع الفطر *Aspergillus* المتأقلمة جيدا على النمو تحت مثل هذه الظروف ؛ حيث يمكن لجراثيمها الإنبات فى مستوى منخفض من الماء أقل من 0.78_{aw} . وتتحمل بعض أنواع الفطر *Penicillium* ظروف الجفاف أيضا ، ولكن بدرجة أقل من الفطر *Aspergillus* ؛ حيث يمكن لجراثيمها الإنبات عند مستوى مائى يتراوح بين 0.84_{aw} - 0.78 .

وتنتشر الأنواع التابعة للجنس *Penicillium* فى تربة المناطق ذات المناخ المعتدل ، أكثر من انتشار الأنواع التابعة للجنس *Aspergillus* ، وخاصة إذا كان المحتوى المائى

للتربة عالياً . وعلى العكس من ذلك ، تنتشر أنواع الجنس *Aspergillus* أكثر في التربة قليلة الرطوبة ذات درجة الحرارة العالية .

ويكثر وجود هذه الفطريات فى صوامع الغلال ومخازن المنتجات الزراعية الجافة الأخرى . ومعظم الفطريات التى تلوث الحبوب والبذور والقش عند الحصاد تنتمى إلى فطريات الحقل ؛ وهى تتبع – فى مجملها – الجنس *Cladosporium* الذى يستوطن سطوح الأوراق (الفيللوسفير Phyllosphere) ، بالإضافة إلى أجناس أخرى بعضها ممرض للنبات ؛ مثل : *Drechslera* ، و *Fusarium* .

وتحتاج فطريات الحقل field fungi إلى نشاطٍ مائىّ قليلٍ (على الأقل 0.85_{aw}) ، للنمو ؛ ولذلك فهى تفقد حيويتها ، وتختفى من على الأغذية الجافة المخزونة ، كما أن نشاطها المحدود يسبب خسائر طفيفة للمواد الغذائية المجففة . وعلى العكس من ذلك ، توجد فطريات المخزن على المنتجات الزراعية بأعدادٍ قليلةٍ خلال حصادها، ثم تزداد أعدادها تحت ظروف التخزين على حساب فطريات الحقل .

ونظراً لانخفاض محتوى رطوبة المنتجات الزراعية المخزونة إلى حوالى ١٢٪ من وزنها ، فإن نمو فطريات المخزن يتوقف ، بينما تحتاج الحبوب الزيتية إلى ظروف جفافٍ أكثر من ذلك عند تخزينها . وعندما تزداد الرطوبة لأكثر من النسبة الحرجة ، تبدأ فطريات المخزن فى النمو ببطءٍ ، ويزداد نشاطها مع الوقت . ولتجنب ذلك يجب تجفيتف الحبوب جيداً إلى أقل من المستوى الحرج .

ومن الفطريات التى تنمو تحت ظروف الرطوبة الأعلى قليلاً من النسبة الحرجة فطريات : *Aspergillus halophilicus* ، و *A. restrictus* ، و *A. glaucus* . وعند نمو هذه الفطريات ، ترتفع الحرارة ، وتزداد الرطوبة الناتجة عن التنفس ؛ مما يؤدى إلى زيادة تدهور المواد المخزونة . ويتبع نمو هذه الفطريات نموٌ أنواع أخرى ترتبط فى نموها بالمحتوى الأعلى من الرطوبة ؛ حيث يتوالى تغير العشائر الفطرية تبعاً لزيادة الرطوبة . وعندما ترتفع الرطوبة تنمو جميع هذه الأنواع الفطرية ، وتتنافس فيما بينها .

وتعمل زيادة الرطوبة على ١٤–١٥٪ إلى زيادة عشائر الفطرين *A. glaucus* و *A. restrictus* على حساب الفطر *A. halophilicus* ، ثم يزداد الفطر *A. candidus* بعد

فترة ، وعندما تزداد الرطوبة يسود الفطر *A. flavus* على حساب الجميع بعد ذلك (Christensen & Sauer, 1982) .

وتعتبر درجة الحرارة المثلى لنمو معظم فطريات المخزن storage fungi عالية نسبيًا ، تصل إلى حوالى ٣٠°م ، بينما تتحمل بعض فطريات المخزن درجات حرارة أعلى من ذلك ؛ حيث إن بعضها ينمو فى درجات حرارة أعلى من ٤٠°م (Ayerst, 1969) .

وتقدر بعض الأنواع التابعة للجنس *Penicillium* على الإنبات عند نشاط مائى $0.78 - 0.80_{aw}$ ، ومع ذلك فهى تحدث تلوثات خطيرة للحبوب المخزونة عند محتوى رطوبة أعلى من ١٨٪ (حوالى 0.85_{aw} عند ٢٠°م) .

وعادة ما تظهر نموات الفطر *Penicillium brevicompactum* أولاً ، ثم يتبعه نمو الفطر *P. verrucosum* عندما يزداد النشاط المائى قليلا ، وعندما يزداد النشاط المائى لأعلى من 0.90_{aw} فإن هذه الفطريات تستبدل بالفطر *P. hordei* وغيره ، فإذا ما ارتفعت درجة الحرارة يحل الفطر *P. capsulatum* محل الجميع عندما تصل الحرارة إلى حوالى ٣٠°م ، وإذا ارتفعت الحرارة إلى ٣٥°م نشط الفطر *P. piceum* ؛ حيث يكون النشاط المائى قد وصل إلى 0.92_{aw} أو أعلى من ذلك (Magan & Lacey, 1984 a,b) .

ويعتبر التداخل بين تأثير درجات الحرارة والنشاط المائى مؤثرا فى مشاكل حفظ حبوب النجيليات فى المخزن . وبصفة عامة ، فإن الفطريات المتحملة للجفاف xerotolerant fungi هى أكثر الفطريات تحملاً لانخفاض النشاط المائى ، وهى ذات درجة حرارة مثلى للنمو قريبة من درجة تخزين هذه الحبوب .

ويؤدى توليد الحرارة خلال عملية العفن إلى معادلة قلة النشاط المائى فى المادة المخزنة ، بينما على العكس من ذلك ، فإن انخفاض الحرارة يؤدى إلى ارتفاع قيمة النشاط المائى .

وتنمو معظم فطريات المخزن ببطء شديد عند درجة حرارة أقل من ١٢°م بصرف النظر عن محتوى رطوبة المادة المخزنة ؛ وعلى ذلك فإنه يمكن تخزين المنتجات الزراعية ذات المحتوى المرتفع من الرطوبة – والذى يصل إلى ١٦٪ – دون فسادها

إذا تم خفض درجة الحرارة إلى حوالى ١٠م . ولكن إذا ارتفعت الرطوبة إلى اعلى من ٢٠٪ ، فإن فطريات الحقل تنشط متحملة انخفاض درجة الحرارة وتفسد المنتج الزراعى .

ولقد أوضحت التجارب أن حبوب الذرة والقمح يمكن تخزينها لسنواتٍ دون فسادٍ إذا كان محتوى الرطوبة ١٥-١٦٪ ؛ وذلك عند درجة حرارة تتراوح بين ٥م و ١٠م (Papavizas & Christensen, 1958) .

وتعمل فطريات المخزن على تغير صفات المنتجات الزراعية المخزونة بدرجاتٍ متفاوتةٍ ، فقد تصبح حبوب النجيليات المحفوظة عديمة اللون ، وقد تفسد الحبوب والبذور الزيتية نتيجة أكسدة الزيوت الموجودة بها ؛ معطية نكهة متزنخة rancid flavours ؛ مما يجعلها غير صالحةٍ للاستهلاك الادمى ، وقد يفقد الجنين حيويته ويموت (Warnock, 1971) .

وتظهر نتيجة الدراسات – التى أجريت على النشاط الإنزيمى لفطريات المخزن – أن هذه الفطريات ذات قدرةٍ محدودةٍ على إنتاج الإنزيمات المحللة للسيليلوز ، فى حين أن بعض الفطريات الأخرى التابعة لمجموعة الفطر *Aspergillus glaucus* تنتج الإنزيم المحلل للزيوت lipase ، والإنزيم المحلل للرابطة الجليكوزيدية glycosidase β-1-4 ، إلا أنها قليلة فى إنتاجها لإنزيم تحليل النشا amylase وإنزيم تحليل الزيلان xylanase ؛ وذلك بالمقارنة بالفطر *A. flavus* وغيره من الأنواع .

وعلى ذلك ، تعتبر الفطريات التابعة لمجموعة *A. glaucus* بادئاتٍ للفساد فى الحبوب تحت ظروف النشاط المائى المنخفض ؛ حيث تقوم بمهاجمة الجنين ؛ نظرا لارتفاع نسبة السكريات والزيوت فيه بالمقارنة بالإندوسبرم ذى المحتوى النشوى العالى والنشاط المائى المنخفض (Flannigan, 1970) .

وعلاوةً على ما سبق ، فإن الحبوب المتعفنة بواسطة هذه الفطريات قد تصبح عديمة الفائدة تماما ؛ وذلك راجع إلى تراكم السموم الفطرية (التوكسينات الفطرية mycotoxins) ، حيث إن هناك عديدا من فطريات المخزن منتجة لمثل هذه السموم الخطيرة بكمياتٍ كبيرةٍ . وتسبب هذه السموم مشاكل صحية للإنسان والحيوان لا حصر لها إذا لوثت الغذاء ، ولعل أكثرها شهرةً الأفلاتوكسينات Aflatoxins .

وبعض السموم الفطرية ذات تأثير مسرطن carcinogens ؛ مثال ذلك الأفلاتوكسين الذى ينتجه الفطر *Aspergillus flavus* فى حبوب الفول السودانى وحبوب النجيليات. ولقد اكتشف هذا التوكسين لأول مرة فى مزرعة تربية ديوك رومية ؛ حيث ماتت نسبة عالية منها نتيجة التغذية على علف مصنوع من حبوب الفول السودانى الملوثة بالفطر (Asplin & Carnaghan, 1961) . ويعتبر الفطر *A. flavus* من الفطريات غير المتحملة للجفاف ؛ حيث يبدأ فى النمو عندما يصل محتوى الرطوبة حوالى ١٨٪.

ومن السموم الأخرى التى تفرزها فطريات المخزن الاوكراتوكسين Ochratoxin المفرز من الفطر *A. ochraceus* ، والتوكسين روبراتوكسين *Rubratoxin* المفرز من الفطر *Penicillium rubrum* . ولقد أوضح (Burnside et al (1957 بالتجربة العملية أنه عند إنماء الفطر *P. rubrum* على الذرة ثم تغذية الخنازير عليه ، فإنها تموت خلال أيام قليلة نتيجة تلف وظائف الكبد والكلى .

ومن الأضرار الصحية الأخرى الناتجة عن فطريات المخزن ، أن بعضها يسبب حساسية للجهاز التنفسى للعاملين ؛ حيث ينتج ذلك عن جراثيم الفطر *Aspergillus fumigatus* ؛ لذلك يسمى هذا المرض aspergillosis . ولا يعتبر الفطر السابق من الفطريات المتحملة للجفاف، ولكنه يوجد فى الظروف الرطبة الدافئة ؛ حيث تلائمه درجة حرارة ٤٠°م (Magan & Lacey, 1984 a). وقد يؤدى التعرض لفطريات المخزن إلى بعض أمراض الحساسية الأخرى التى تصيب الرئة لدى المزراعين Farmer`s lung disease (Neergaard, 1977) .

وهناك حالة مرضية أخرى تصيب رئة العاملين فى الأماكن المزدحمة malthouse worker`s lung disease ، تتسبب عن استنشاق الغبار الملوث بجراثيم الفطر *Aspergillus clavatus* . كما يؤدى التعرض الدائم لجراثيم هذا الفطر إلى الحساسية الزائدة للجليكوبروتينات الفطرية hypersensitivity to the fungal glycoproteins ، وكذلك إلى بعض المشاكل الصحية الأخرى ؛ مثل الإحساس بالاختناق ، والنزيف الدموى . ويؤدى استمرار تعرض العاملين لمثل هذه المشاكل الصحية بصورة دائمة إلى تدهور صحتهم نتيجة التلوث (Blyth, 1978)

٥ – فسيولوجيا تأقلم الفطريات للنمو تحت ظروف قلة الرطوبة:

تعود معظم المعلومات الخاصة بالنظم الفسيولوجية التى تسمح للفطريات بالنمو تحت ظروف الضغط المائى المنخفض إلى دراسة الخمائر ، وخاصة *Saccharomyces rouxii* . وتعتبر معظم الخمائر المتحملة لانخفاض الضغط المائى أيضا متحملة لزيادة الاسموزية أكثر منها محبة لها .

ويبدو أن تحمل الأحياء الدقيقة للضغوط المائية المنخفضة يعتمد على قدرتها على تأقلم ظروفها الداخلية على ذلك . فعلى سبيل المثال ، تتراكم المواد المتحكمة فى الاسموزية osmoregulatory substances من البيئة المحيطة ، أو قد يتم تخليقها داخل خلايا الفطر . وتعمل هذه المواد على خفض الضغط المائى الداخلى؛ بحيث يكون أقل من الضغط المائى الخارجى ؛ مما يسمح بعدم فقد الماء من خلايا الكائن الدقيق . وتستمر هذه الخلايا منتفخة ولا تتبلزم .

وترجع هذه الآلية فى الفطريات إلى وجود الجليسرول glycerol والكحولات عديدة الهيدروكسيل (polyols) polyhydric alcohols فى مقاومة التأثير المعاكس للضغوط المائية . وتتراكم هذه المواد فى الكائنات الحية المتحملة للاسموزية osmotolerants ، والمتحملة للجفاف xerotolerants فى البيئات ذات الضغوط المائية المنخفضة (Hocking & Norton, 1983) .

ففى خميرة *Saccharomyces rouxii* توجد نسبة عالية من الجليسرول تقدر بحوالى ٩–١٥٪ من الوزن الجاف للخلايا (Brown, 1974) ، وتعتبر هذه النسبة معتادة فى الفطريات النامية تحت ظروف الضغوط المائية المنخفضة .

ويطلق على الكحولات العديدة الهيدروكسيل polyols اسم المواد المذابة المتوافقة compatible solutes ، حيث يرجع ذلك إلى عدم تداخلها فى التمثيل الغذائى للخلية الفطرية ، كما تتحمل الخلية وجود هذه الكحولات بتركيزات عالية . ويعتبر الجليسرول مركبا نموذجيا فى مثل هذه الحالات ؛ حيث يتميز بأنه قليل الارتباط بالبروتين ؛ وبالتالى فهو لا يسبب تثبيطا للإنزيمات (Adler, 1978) .

وتعمل معظم الفطريات على تكوين هذه الكحولات خلال دورات التمثيل الغذائى ، ثم تقوم بتخزينها كمادة غذائية مدخرة (Lewis & Smith, 1967) . ويزداد بناء هذه الكحولات فى جميع الفطريات إذا تعرضت لظروف مائية متوترة .

ومع ذلك ، فإن الاختلاف الفسيولوجى الرئيسى بين الفطريات التى يمكنها النمو تحت ظروف الضغوط المائية المنخفضة وتلك التى لا تستطيع ذلك ، هو أن الأخيرة تظهر زيادة فى فقد الكحولات العديدة الهيدروكسيل polyols من الهيفات الفطرية ؛ وذلك عند زيادة التركيز الداخلى ، وهذا لا يحدث فى الفطريات المتحملة للتوتر المائى water stress .

وتعتبر قدرة بعض الفطريات فى الاحتفاظ بتركيزاتٍ عالية من هذه الكحولات العديدة الهيدروكسيل من العوامل المحددة لتحملها الضغوط المائية المنخفضة فى البيئة التى تنمو فيها ؛ حيث لا يحتاج الفطر – تحت هذه الظروف – إلى تحويل مسار دورات التمثيل الغذائى لتكوين هذه الكحولات ؛ مما يوفر كثيرا من الطاقة التى يمكن أن يستهلكها الفطر فى بناء ما يحتاج إليه من مركباتٍ حيويةٍ أخرى هامةٍ (Edgley & Bown, 1983) .

ويؤدى تراكم الأيونات والجزئيات غير المتأينة non-electrolytes فى سيتوبلازم هيفات الفطر – نتيجة دخولها من الوسط الخارجى المرتفع الاسموزية – إلى خفض الضغط المائى الداخلى . وتعتبر هذه الوسيلة طريقة سريعة لتعديل الضغط المائى الداخلى ؛ بحيث يستطيع الفطر ضبط الاسموزية داخل هيفاته ، دون أن يقوم بتخليق كمياتٍ إضافيةٍ من الكحولات عديدة الهيدروكسيل (Luard, 1982,a,b,c) .

وفى الفطر البحرى *Dendryphiella salina* ، يعمل دخول بعض الأيونات من بيئة المياه المالحة – التى ينمو فيها الفطر إلى داخل هيفاته – على التحكم فى الدورات البنائية الخاصة بتخليق الكحولات عديدة الهيدروكسيل ؛ فعلى سبيل المثال يؤدى تراكم أيون الصوديوم إلى تخليق الجليسرول ، بينما تتكون كحولات أخرى داخل بروتوبلازم هيفات الفطر إذا تراكم أيون الماغنسيوم (Wethered et al, 1985) .

ومن المحتمل أن يكون للكحولات عديدة الهيدروكسيل polyols – المتكونة داخل خلايا هيفات الفطر – دورا فى نموها تحت ظروف الضغوط المائية المنخفضة . فعلى سبيل المثال، فإن الإنزيمات الموجودة فى الفطريات المتحملة للجفاف xerotolerant fungi ليست متأقلمة للعمل تحت ظروف الضغوط المائية المنخفضة (Brown, 1976) . ويبدو أن دور الكحولات عديدة الهيدروكسيل يشمل حماية الإنزيمات الفطرية من تأثير الضغوط المائية المنخفضة داخل هيفات الفطر النامى تحت ظروف التوتر المائى .

ولقد وجد أن الحمض الأمينى بروالين proline ذو قدرة تنظيمية فى بعض الفطريات الأولية ؛ حيث يعتقد أنه يقوم بنفس الدور الذى تقوم به الكحولات عديدة الهيدروكسيل؛وذلك عن طريق تحول المناطق المحبة لماء hydrophobic ذات العدد الكبير من جزئيات الماء لكل جانب إلى مناطق كارهة للماء hydrophilic ذات أعداد أقل من جزئيات الماء لكل جانب . كما يعتقد أن الكحولات عديدة الهيدروكسيل تقوم بحماية الإنزيمات من التأثيرات المثبطة الناتجة عن زيادة تركيز أيونات الصوديوم والماغنسيوم .

وتعتبر الخمائر المتحملة للاسموزية العالية osmotolerant yeasts – والتى تنمو فى كل من المواد العالية الملوحة والشديدة التسكر – أنها أكثر تحملا للضغوط المائية المنخفضة ؛ وذلك عند نموها فى التركيزات العالية من السكر (Onishi, 1963) .

فعلى سبيل المثال تتحمل خميرة *Saccharomyces rouxii* الضغوط المائية المنخفضة حتى 0.60_{aw} ؛ وذلك عندما يستعمل السكر فى ضبط الضغط الأسموزى osmotic potential ، بينما لا تتحمل تلك الخميرة ذلك إذا استعمل ملح كلوريد الصوديوم فى ضبط الضغط الأسموزى ؛ حيث يلعب التركيز العالى من أيونات الصوديوم والكلوريد دورا مثبطا لنمو هذه الخميرة .

وهناك بعض فطريات العفن التى تستطيع تحمل الجفاف ؛ مثال ذلك فطريات *Monascus (Xeromyces) bisporus* و *Aspergillus amstelodami* ، و *A. repens* ؛ حيث تنمو هذه الفطريات عند ضغط مائى أعلى من 0.98_{aw} (Flannigan & Bana, 1980) .

وتفشل مثل هذه الفطريات فى النمو على البيئات المعتاد استعمالها فى المعمل ، إلا أنه يمكن مصادفتها عند استعمال بيئات ذات تركيزات سكرية عالية . ويبدو أن نمو هذه الفطريات على البيئات ذات الضغوط المائية العالية يؤدى إلى خلل الغشاء السيتوبلازمى وجسيمات الخلية . فمثلا وجد أن الفطر *Aspergillus sejunctus* يفشل فى النمو فى التركيزات العالية من الماء ؛ حيث يعزى ذلك إلى انخفاض التمثيل الغذائى للبروتين ونقص تكوين إنزيمات التنفس (Stevens et al., 1983) .

ومن ناحية أخرى ، تظهر جراثيم الفطريات القاطنة للبيئات الجافة تأقلما ملحوظا على الاحتفاظ بحيويتها خلال فترات الجفاف الطويلة . ويعتقد أن ذلك يرجع إلى

حماية الغشاء السيتوبلازمى لها عن طريق وجود سكر الترايهالوز trehalos والذى يتم بناؤه خلال نضج وجفاف هذه الجراثيم .

ويؤدى جفاف الأغشية السيتوبلازميـــة فى غياب سكر الترايهالوز إلـــى تغـيرات مورفولوجية ؛ حيث تكوّن الفوسفوليبيدات مركباتٍ معقدةً متبلورةً ، بينما يعمل وجـــود الترايهالوز على حماية هذه الأغشية السيتوبلازمية من التلـف ؛ وذلـك عـن طريـق تعويض مجاميع الهيدروكسيل فى المجاميع المتأينة بالغشاء .

سابعاً - المراجع References :

Adler, L. (1978) . Properties of alkaline phosphatase of the halotolerant yeast *Debaryomyces hansenii* . Biochimica et Biophysica Acta. 522 : 113 - 121 .

Ahmed, M. A. ; I. S. Elewa and A. M. Mostafa (1994) . The perfect state of *Rhizoctoria solani* Kuhn. In Egypt. 5th Conf. Agric. Dev. Res., Fac. Agric., Ain Shams Univ. Cairo, Egypt. 1 : 147 - 158 .

Apins, A. E. and G. H. F. Pugh (1967) . Thermophilous fungi of birds nests. Mycopathologia et Mycologia Applicata. 33 : 1 - 9.

Asplin, F. D. and R. B. A. Carnaghan (1961) . The toxicity of certain groundnut meals for poultry with special reference to their effect on ducklings and chickens. Veterinary Recorder. 73 : 1215 - 1219 .

Atlas, R. M. and R. Bartha (1993) . Microbial Ecology, fundamentals and applications - 3ed - The Benjamin/cummings Pub. Comp. Inc. New York p. 279 .

Ayerst, G. (1969) . The effects of moisture and temperature on growth and spore germination in some fungi - Journal of Stored Product Research. 5 : 127 - 141 .

Bisset, J. and D. Parkinson (1979) . Distribution of fungi in some alpine soils - Canadian Journal of Botany. 57 : 1609 - 1629 .

Blyth, W. (1978) . The occurrence and nature of alveolitis - inducing substances in *Aspergillus clavatus*. Clinical Experimental Immunology. 32 : 272 - 282 .

Broad, T. E. and M. G. Shepherd (1971) . Purification and properties of glucose-6-phosphate dehydrogenase from the thermophilic fungus *Penicillium dupontii* . Biochimica et Biophysica Acta. 198 : 407 - 414.

Brown, A. D. (1974) . Microbial water relations : features in the intracellular compostion of sugar-tolerant yeasts Journal of bacteriology. 118 : 769 - 777 .

Brown, A. D. (1976) . Microbial water stress . Bacteriological Reviews. 40 : 803 - 846 .

Burnside, J. E. ; W. L. Shippel ; J. Forgacs et al. (1957) . A disease of swine and cattle caused by eating moldy corn . Experimental production with pure culture of molds . American Journal of Veterinary Research. 18 : 817 - 824 .

Chang, Y. (1967) . The fungi of wheat straw compost II . Biochemical and physiological studies . Transactions of British mycological Society, 50 : 667 - 677 .

Chang, Y. and H. J. Hudson (1967) . The fungi of wheat straw compost. I-Ecological studies. Transactions of British mycological Society, 50 : 649 - 666 .

Christensen, M. (1981) . Species diversity and dominance in fungal communities. in Fungal Community, (eds D. T. Wicklow and G. C. Carroll) . Marcel Dekker, New York, pp. 201 - 232 .

Christensen, C. M. and D. B. Sauer (1982) . Microflora. in (Storage of cereal grains and their products) - (ed. C. M. Christensen) . American Association of Cereal Chemists Inc. St. Paul, Minnesota USA, pp. 219 - 240 .

Crisan, E. V. (1969) . The proteins of thermophilic fungi. in Current Topics in Plant Senesce (ed. J. E. Gunckel) . Academic Press. New York, pp. 32 - 33 .

Demel, R. A. and B. De Kruyff (1976) . The function of sterols in membranes . Biochimica et Biophysica Acta, 457 : 109 - 132 .

Dexter, Y. and R. C. Cooke (1984) . Fatty acids, sterols and carotenoids of the psychrophile *Mucor strictus* and some mesophilic *Mucor* spp. Transactions of the British mycological Society, 83 : 455 - 461 .

Dix, N. J. and J. Webster (1995) . Fungal ecology ed. Chapman & Hall, Cambridge, England, 497. pp.

Dowding, P. and P. Widden (1974) . Some relationships between fungi and their environment in tundra regions. in soil organisms and decomposition in tundar. (eds. A. J. Holding ; O. W. Heal ; S. F. Maclean and P. W. Flanagan). Tundra Biome Steering Committee. Stockholm. pp. 123- 150.

Edgley, M. and A. D. Brown (1983) . Physiological changes induced by solute stress in *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces rouxii*. Journal of General Microbiology, 129 : 3453 - 3463 .

Elmholt, S. and A. Kjoller (1987) . Measurement the length of fungal hyphae by the membrane filter technique as a method for comparing fungal occurrence in cultivated field soils. Soil Biology and Biochemistry, 19 : 679 - 682 .

Eslyn, W. E. ; T. K. Kirk and M. J. Effland (1975) . Changes in the chemical composition of wood caused by six soft-rot fungi. Phytopathology, 65 : 473 - 476 .

Esser, A. F. (1979) . Physical chemistry of thermostable membranes in strategies of microbial life in extreme Environments (ed. M. Shilo) . Verlag Chemie, Berlin, pp. 433 - 454 .

Flannigan, B. (1969) . Microflora of dried barley grains. Transactions of the British mycological Society, 53 : 371 - 379 .

Flannigan, B. (1970) . Degradation of arabinoxylan and carboxymethyl cellulose by fungi isolated from barley Kernels. Transactions of the British mycological Society, 55 : 277 - 281 .

Flannigan, B. and M. S. O. Bana (1980) . Growth and enzyme production in aspergilli which cause deterioration in stored grain. in Biodeterioration (Proceeding of the 4th International symposium Berlin) . (eds T. A. Oxley, D. Allsopp and G. Becker) . London, pp. 229 - 236 .

Flannigan, B. and P. N. Shellars (1972). Activities of thermophilous fungi from barley kernels against arabinoxylan and carboxymethyl cellulose - Transactions of the British mycological Society, 58 : 338 - 341 .

Frankland, J. C. (1975). Fungal decomposition of leaf litter in a deciduous wood. in Biodegradation et Humification (eds G. K. Kilbertus, O. Reisinger, A. Mourey and J. A. Cancella da Fonseca). Pierron, Sarreguemines, pp. 33 - 40 .

Hammond, D. P. and S. N. Smith (1986). Lipid composition of a psychrophilic, a mesophilic and a thermophilic *Mucor* species. Transactions of the British mycological Society, 86 : 551 - 560 .

Harrison, R. and G. G. Lunt (1980). Biological membranes, their structure and function, 2nd ed. Blacker, Glasgow.

Hedger, J. N. (1975). Ecology of thermophilic fungi in Indonesia, in Biodegradation et humification (eds G. Kilbertus, O. Reisinger, A. Mourey and J. A. Cancella Da Fonseca). Pieron, Sarreguemines, pp. 59 - 65 .

Hocking, A. and R. S. Norton (1983). Natural - abunance ^{13}C nuclear magnetic resonance studies on the internal solutes of xerophilic fungi . Journal of General Microbiology, 129 : 2915 - 2925 .

Jain, M. K. ; K. K. Kapoor and M. M. Mishra (1979). Cellulase activity, degradation of cellulose and lignin, and humus formation by thermophilic fungi . Transaction of the British mycological Society, 73 : 85 - 89 .

Jay, J. M. (1987). Meats, poultry and seafood, in food and beverage mycology. (ed. L. R. Beuchat). Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 155 - 173 .

Kerekes, R. and G. Nagy (1980). Membranc lipid composition of a mesophilic and psychrophilic yeast. Acta Alimentaria, 9 : 93 - 98 .

Lacy, J. (1975). Potential hazards to animals and man from microorganisms in fodder and grain . Transaction of the British mycological Society, 65 : 171 - 184 .

Lewis, D. H. and D. C. Smith (1967). Sugar alcohols (polyols) in fungi and green plants. I. Distribution, physiology and metabolism. New Phytologist, 66 : 143 - 184.

Lockwood, J. L. (1977). Fungistasis in soils - Biological Reviews. Cambridge, 52 : 1 - 43 .

Luard, E. J. (1982 a). Accumulation of intracellular solutes by two filamentous fungi in response to growth at low steady state osmotic potential. Journal of General Microbiology, 128 : 2563 - 2574 .

Luard, E. J. (1982 b). Growth and accumulation of solutes by *Phytophthora cinnamomi* and other lower fungi in response to changes in external osmotic potential. Journal of Genral Microbiology, 128 : 2583 - 2590 .

Luard, E. J. (1982 c). Effect of osmotic shock on some intra-cellular solutes in two filamentous fungi . Journal of of Genreal Microbiology, 128 : 2575 - 2581 .

Lynch, J. M. and E. Bragg (1985). Microorganisms and soil aggregate stability. Advances in Soil Science, 2 : 133 - 171 .

Magan. N. and J. Lacey (1984 a) . Effect of temperature and pH on waterrelations of field and storage fungi . Transactions of the British mycological Society. 82 : 71 - 81

Magan. N. and J. Lacey (1984 b) . Effect of water activity. temperature and substrate interactions between field and storage fungi Transactions of the British mycological Society. 82 : 83 - 93 .

Mishustin. E. N. (1975) . Microbial association of soil types-Microbial Ecology. 2 : 97 - 118 .

Mumma. R. O. . R. D. Sekura and C. L. Fergus (1971) . Thermophilic fungi. IL Fatty acid composition of polar and neutral lipids of thermophilic and mesophlici fungi. Lipids. 6 : 584 - 588 .

Nagel-de Boois. H. M. and E. Jansen (1971) . The Growth of fungal mycelium in forest soil layers . Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol. 8 : 509 - 520 .

Neergaard. P. (1977) . Seed Pathology. Vol. 1. Macmillan. London .

Onishi. H. (1963) . Osmophilic yeasts. Journal of Advanced Food Research. 12 : 53 - 94 .

Papavizas. G. C. and C. M. Christensen (1958) . Grain storage studies . 26. Fungus invasion and deterioration of wheats stored at low temperatures and moisture contents of 15 to 18 per cent. Cereal Chemistry. 35 : 27 - 34 .

Pegler. D. N. . B. M. Spooner and R. I. Lewis Smith (1980) . Higher fungi of Antarctica. the subantarctic zone and Falkland islands. Kew Bulletin. 35 : 500 - 562 .

Pugh. G. J. F. and D. Allsop (1982) . Microfungi on signy island. south orkney island . British Antarctic Survey Bulletin. 57 : 55 - 67 .

Rose. A. H. (1962) . Biochemistry of the psychrophilic hebit : Studies on the low maximum temperature. in recent progress in microbiology. VIII[th] International Congress for Microbiology. University of Toronto Press. Montreal. pp. 193 - 200 .

Rosenberg. S. L. (1978) . Cellulose and lignocellulose degradation by thermophilic and thermotolerant fungi. Mycologia. 70 : 1 - 13 .

Schmiedeknecht. M. (1960) . Feuchtigkeit als standort Faktor fur mikroskopische Pilze. Zeitschrift fur Pilzkunde. 25 : 69 - 77 .

Sewell. G. W. F. (1959) . Studies of fungi in a *Calluna* heathland soil - 1 - Vertical distribution in soil on root surfaces . Trans. Brit. mycol. Soc. 42 : 343 - 353 .

Silverman. M. P. and E. F. Munoz (1970) . Fungal attack on rock : solubilization and altered infrared spectra. Science. 169 : 985 - 987 .

Sinensky. M. (1974) . Homeoviscous adaptation - a homeostatic process that regulates the viscosity of membrane lipids in *Escherichia coli*. Proceedings of the National Academy of Science. 71 : 522 - 525 .

Smith. W. L. ; H. E. Moline and K. S. Johnson (1979) . Studies with *Mucor* Species causing post harvest decay of fresh produce. Phytopathology. 69 : 865 - 869 .

Stenesh, J. and C. Yang (1967) . Characterization and stability of ribosomes from mesophilic and thermophilic bacteria . Journal of Bacteriology. 93 : 930 - 936 .

Stevens, L. : N. J. Dix and A. Thompstone (1983) . Effects of high water actovity on growth and metabolism in *Aspergillus sejunctus*. Transactions of the British mycological Society. 80 : 527 - 571 .

Sumner, J. L. and E. D. Morgan (1969) . The fatty acid composition of sporangiospores and vegetative mycelium of temperature-adapted fungi in the order Mucorales. Journal of General Microbiology. 59 : 215 - 221 .

Sumner, J. L : E. D. Morgan and H. C. Evans (1969) . The effect of growth temperature on the fatty acid composition of fungi in the order Mucorales - Candian Journal of Microbiology. 15 : 515 - 520 .

Tubaki, K. (1961) . Notes on some fungi and yeasts from Antarctica. Antorctic Record. 11 : 161 - 162 .

Warnock, D. W. (1971) . Assay of fungal mycelium in grains of barley including the use of fluorescent antibody technique for individual fungal species. Journal of General Microbiology. 67 : 197 - 205 .

Weete, J. D. (1980) . Lipid Biochemistry of fungi and other organisms. Plenum. New York.

Wethered, J. M. : E. Metcalf and D. H. Jennings (1985) . Carbohydrate metabolism in the fungus *Dendryphiella salina*. VIII . the contribution of polyols and ions to the mycelial solute potential in relation to the external osmoticum. New Phytologist. 101 : 631 - 650 .

Widden, P. (1986) . Seasonality of forest soil microfungi in southern Quebec. Canadian Journal of Botany. 64 : 1413 - 1423 .

Widden, P. (1987) . Fungal communities in soils along an elevation gradient in Northern England. Mycologia. 79 : 298 - 309 .

Widden, P. and J. J. Abitol (1980) . Seasonality of *Trichoderma* species in a spruce forest soil. Mycologia. 72 : 775 - 784 .

Wynn-Williams, D. D. (1980) . Seasonal fluctuations in microbial activity in Antarctic moss peat . Biological Journal of the Linnean Society. 14 : 11 - 28 .

Zadrazil, F. (1980) . Conversion of different plant waste into feed by basidiomycetes . European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology. 9 : 243 - 248 .

ثامناً ـ الفطريات الأرضية الممرضة للتماسيح :

يعتبر شاطئ المدينة الساحلية روك همبتون Rockhampton من أكثر المناطق السياحية الواقعة على الساحل الشمالى لأستراليا ؛ حيث توجد به مزرعة ضخمة لتربية التماسيح على مساحة قدرها ١٣٣ هكتارا ، تزرع حولها أشجار الأوكاليبتوس eucalyptus المعروفة ، والتى تستعمل أوراقها وأزهارها فى الأغراض الطبية ،

وكذلك أشجار المانجروف mangroves التى تنمو على شواطئ البحر والبرك ذات المياه المالحة .

ويتعرض ساحل هذه المدينة للمد والجزر ؛ حيث يرتفع سطح البحر خلال المد إلى حوالى أربعة أمتار ؛ ولذلك تم مد الطرق الموصلة إلى مزرعة التماسيح ، بحيث تكون مرتفعة بعدة أمتار حتى لا تغمرها مياه البحر .

ويمكن القول بأن هذه المزرعة هى أكبر مزرعة تماسيح فى العالم ؛ حيث تم إنشاؤها عام ١٩٨١ ، وبدأت بتسعة تماسيح بريةٍ صغيرةٍ ، ثم زاد عددها مع الوقت وتكاثرت فى الأسر حتى أصبحت إحدى المزارات السياحية الهامة فى أستراليا . وتعرض هذه المزرعة بعض المنتجات المصنعة من جلود التماسيح ؛ مثل الحقائب والأحذية والأحزمة والمحافظ للبيع كتذكاراتٍ للسائحين ، كما تقدم المطاعمُ لحوم التماسيح فى وجباتٍ غذائيةٍ شهيةٍ غير تقليديةٍ .

واتبعت مزرعة التماسيح هذه سياسة تهدف إلى زيادة تكاثر التماسيح فى الأسر ؛ حيث وضعت أول بيضةٍ فى شهر أكتوبر ١٩٨٥ . وعلى الرغم من تزايد نسبة وضع البيض فى المزرعة ، إلا أن نسبة الفقس كانت قليلة . وفى عام ١٩٨٨ ظهرت المشكلة أكثر وضوحا ؛ حيث تناثر البيض دون فقسٍ فى عشوش التماسيح ، كما ظهرت أعراض الضعف والهزال على صغار التماسيح ، وسرعان ما كانت تموت . وأدى ذلك إلى تدهور المزرعة عام ١٩٩٠ ؛ حيث بلغ معدل موت التماسيح الصغيرة تسعة حيوانات يوميًّا ، وانخفض تعداد حيوانات المزرعة إلى النصف .

ونظرا لما أنفق على المزرعة من وقتٍ ومجهودٍ وتكاليف باهظةٍ ، فإن الخسائر التى منيت بها كانت من الشدة بحيث كادت تقضى على المشروع بأكمله ، كما أن تكاليف تربية التماسيح الصغيرة كانت عالية ؛ حيث إنه يحتاج إلى حوالى ٢ – ٤ سنوات من العناية والتغذية حتى يصبح الحيوان ذا قيمةٍ اقتصاديةٍ؛ حيث يتراوح طوله – عندئذ – بين مترٍ ونصفٍ ومترين .

ولخطورة موقف هذه المزرعة ، تمت دراسة الحيوانات المريضة والبيض الذى تضعه الإناث داخل عشوشها دون أن يفقس ، وتمت دراسات تشريحية شملت فحص عيناتٍ دوريةٍ من أنسجة الحيوانات المصابة والميتة ؛ وذلك بعد صبغها بطريقة

Periodic Acid Schiff ، حيث أوضحت النتائج وجود هيفات فطرية على القروح الموجودة فى أنسجة الكبد والرئة والأمعاء الدقيقة والأحشاء الداخلية للحيوانات المريضة.

ولقد أخذت عينات من هذه الأنسجة الحيوانية ، ثم عقمت سطحيًا لعزل الفطريات منها ؛ حيث استعملت بيئة تحتوى على نصف تركيز بيئة اجار مستخلص البطاطس والدكستروز PDA ، وكذلك بيئة اجار سابرود-دكستروز Sabouraud`s Dextros Agar ؛ حيث ظهر النمو الميسليومى على سطح بيئة الاجار بعد فترة من التحضين ، ثم تم تعريف الفطر على أنه *Fusarium solani* (Mart) Sacc. ، وطوره الكامل هو الفطر الأسكى *Nectria haematococca* Berk & Broome .

وأظهر الفحص الدورى للحيوانات المريضة أن الفطر الممرض يسبب أمراضاً مختلفة لهذه الحيوانات ؛ فعلى سبيل المثال ، وجد أن صغار التماسيح تظهر عليها الأعراض على صورة جفاف الجلد وفقدان الشهية ؛ مما يؤدى إلى امتناعها عن تناول غذائها لفترات طويلة فتصاب بالهزال ، ثم تظهر عليها قروح تنمو عليها هيفات الفطر، وخاصة حول الفكوك والعيون ، وقد تنمو داخل تجويف الفم نفسه فى الحيوانات البالغة.

واختلفت هذه القروح – التى يكونها الفطر الممرض – فى حجمها ، كما شوهدت مثل هذه القروح على أقدام الحيوانات المريضة وعلى بطنها . ولقد أدت شدة الإصابة فى بعض التماسيح البالغة عند منطقة الفكوك وتجويف الفم إلى أن بعض الحيوانات فقدت بعض أسنانها وأنيابها .

وأدى ظهور هذه الأعراض على تماسيح المزرعة إلى الاهتمام بعزل الفطريات من جميع الأماكن التى تعيش فيها هذه الحيوانات ؛ للتعرف على مصدر العدوى والقضاء عليه ؛ حيث أخذت عينات من هواء المزرعة ، ومن داخل عنابر تربية الحيوانات ، وعينات أخرى من التربة ومن مياه المزرعة وأحواض التربية والأرضيات والجدران ، وكذلك من حظائر العلف ، ومن العلف نفسه المستخدم فى التغذية .

وتم عزل الفطريات من العينات السابق الحصول عليها؛ وذلك تحت ظروف المعمل على بيئات غذائية خاصة . وأظهرت الدراسة وجود نموات فطرية للفطر *F. solani* فى جميع العينات السابقة، وهذا يوضح مدى تلوث المزرعة بهذا الفطر الممرض .

وعلى الرغم من أن هذا الفطر من الفطريات الأرضية المترممة على المخلفات النباتية – وأيضا من فطريات التربة الممرضة للنبات – وقد تفرز بعض سلالاته مواد سامة (توكسينات) ، إلا أن بعض الباحثين قد أكد قدرة هذا الفطر على إصابة بعض الزواحف (Nelson et al., 1981)، وأيضا بعضها يصيب الطيور (Roffe et al., 1989) والأسماك (Smith et al., 1989) وعديدا من الحيوانات اللافقارية (Austwick, 1986) ، بل تصيب بعض سلالات هذا الفطر الحيوانات الثديية بما فيها الإنسان (Ripon, 1988) .

ولكن لم تذكر أية بحوثٍ سابقةٍ أن الفطر *F. solani* يصيب تماسيح الكورانا Koorana crocodile (*Crocodylus porosus*) التى تنمو طبيعيًا فى أستراليا ، والتى يصل طولها إلى حوالى ستة أمتار ؛ وهى من الحيوانات البرية المتوحشة التى لا تتردد فى افتراس الإنسان . كما لم يذكر قبل ذلك إصابة هذه التماسيح بمثل هذا المرض الوبائى فى الأسر بحدائق الحيوان ، وربما يكون ذلك أول تقريرٍ علميّ يوضح القدرة المرضية لهذا الفطر الأرضى على إصابة التماسيح (Hibbed&Harrower, 1993).

ومن المحتمل أن تكون إصابة التماسيح بهذا الفطر تمت عن طريق الجروح الصغيرة التى تحدث فى جلد الحيوان خلال ممارسته لحياته اليومية . فعلى سبيل المثال تتم تربية الحيوانات الصغيرة بعد فقسها تحت ظروف المزرعة داخل حظائر خاصة، حيث تميل هذه الحيوانات إلى التجمع فوق بعضها .

وفى وقت تناولها غذائها ، تنطلق هذه التماسيح الصغيرة معا ، وقد تتشاحن من أجل الحصول على كمية أكبر من الغذاء ، أو لكى تحصل على غذائها قبل غيرها . ويؤدى ذلك – بطبيعة الحال – إلى حدوث خدوش صغيرةٍ أو جروح غير عميقةٍ فى جلد هذه الحيوانات ، يدخل من خلالها هيفات الفطر الممرض .

وحيث إن صغار التماسيح ذات أسنان ومخالب حادةٍ إبرية الشكل ، تسبب مثل هذه الجروح والخدوش ، فإنه تم اتباع بعض الإرشادات الصحية للعناية بتربية هذه التماسيح الصغيرة بحيث لا يصاب بعضها بجروح . كما أتبع الرش الدورى لحظائر التربية ببعض المطهرات الفطرية ، وكذلك إضافة مادة أيوديد البوتاسيوم potassium iodide على غذاء التماسيح ، مع الاهتمام بالنظافة والتطهير المستمر اليومى للحظائر .

ومن ناحيةٍ أخرى ، تمت إضافة مادة نتروفورازون nitrofurazone – وهى مـــادة مضـــادة للميكروبات ، يتم استعمالها عادة فى برك تربية الحيوانات البحرية – إلى مياه حظائر تربيـــة التماسيح الصغيرة بتركيز ١٠ ملليجرامات / لتر ماء . وعلى الرغم من جميع الإجراءات السابقة ، لم يؤدّ أى منها إلى خفض نسبة انتشار المرض ، ولم يقـــل معدل وفاة التماسيح الصغيرة المريضة .

ولقد أجرى (Lord (1990 بعض اختبارات الحساسية لعزلات الفطر *F. solani* التى تم عزلها من التماسيح المريضة ، حيث أظهرت النتائج أن هذه العـــزلات تُظـــهر نوعا من المقاومة لبعض المضادات الحيوية الفطرية المعتادة ؛ مثل : Amphotericin B و Ciclopirox ، و Clotrimazole ، و Flurocytocine ، و Isoconazole ، و Natamycin ، و Nystatin ، بينما أظهرت هذه السلالات الفطريـــــة نوعـــا مـــن الحساسية للمضادات الحيوية Ketoconazole ، و Griseofulvin ، و Econazole ، و Tioconazole ، و Thiabendazole .

ولكن عند إضافة هذه المواد المضادة للحيوية إلى غذاء التماسيح ، سبب ذلك إنهاك هذه الحيوانات وضعفها ؛ مما أدى إلى مزيد من التدهور لحالتها الصحية ، ولم يؤدّ ذلك فى النهاية إلى أية نتائج مفيدةٍ . كما أن قليلاً من هذه المضادات الحيوية استعمل قبـــل ذلك فى مقاومة أمراض الزواحف ؛ مما يقلل من حجم المعلومات المتاحة التـــى قـــد تفيد فى علاج هذا المرض .

وفى منتصف عام ١٩٩١ ، أجريت محاولات عديدة لمقارنة حالة التماسيح الصغيرة المريضة التى تمت معاملتها بالمضادات الحيويـــة الفعالة مع تماسيح أخرى مريضـــةٍ غير معاملةٍ بالمضاد الحيوى . واستعمل فى هذه الدراسة تماسيح حديثـــة الفقس ؛ حيث تمت إضافة المضاد الحيوى إلى غذائها ، ثم حللت النتائج إحصائيًا .

وفى شهر أبريل ومايو عام ١٩٩١ ، تم الحصول على مزارع نقيـــة مـــن الفطـــر الممرض *F. solani* معزولةٍ من بيض التماسيح قبل فقسه ، وأظهرت النتائج أن هـــذا الفطر سائد على غيره من الفطريات الأخرى التى يمكن عزلها من البيض ؛ مثال ذلك: الفطر *Aspergillus* sp. والفطر *Paecilomyces* sp. .

وخلال موسم التربية ١٩٩٠/١٩٩١ ، تم الحصول على بيض التماسيح من ٢٦ عشًا من عشوش التربية ، وتم تحضين البيض صناعيًا بطريقةٍ مشابهـــةٍ لمـــا يحـــدث فـــى

الطبيعة. وخلال فترة التحضين ، أخذت عينات من البيض من ٨ عشوش ، وعزل منها الفطريات من أجزاء مختلفة من البيض ؛ مثل القشرة الخارجية ، والغشاء المخاطى الداخلى بعد الفقس ، وأنسجة الجنين الميت ، وكذلك من بيض غير مخصب ، ومن بيض اخر مخصب فى مراحل مختلفة من تكوين الجنين .

ولقد أظهر الفحص الميكروسكوبى وجود نموات ميسليومية كثيفة للفطر الممرض *F. solani* ، وتركز وجود هذه الهيفات الفطرية فى الكيس الهوائى لبعض البيض المصاب ، حيث أدى ذلك إلى عدم فقس البيضة .

كما أخذت عينات من المواد العضوية التى تغطى أرضية العشوش ؛ فظهر أن النموات الفطرية لنفس الفطر الممرض منتشرة عليها بغزارة . ولقد كان ذلك متوقعاً ؛ حيث إن هذه العشوش يتم بناؤها عن طريق أنثى التمساح . وتقوم هذه الإناث بجمع المواد العضوية – مثل أوراق الأشجار ، والأغصان المتساقطة على سطح التربة – وتنقلها بفمها إلى المكان المختار لبناء العش ؛ وعلى ذلك يجد الفطر الممرض – وهو من فطريات التربة – طريقه إلى عشوش التماسيح .

وعند وضع البيض فى مثل هذا العش ، فإن أنثى التمساح تغطيه بطبقة لزجة لاصقة ، تساعد على إلتصاق جراثيم الفطر *F. solani* المنتشرة طبيعيًا على المواد النباتية فى العش ؛ حيث تبقى هذه الوحدات الفطرية (جراثيم ونموات هيفية) ملتصقة بالسطح الخارجى للبيض . ومع الدفء وارتفاع رطوبة الجو داخل العش خلال فترة التحضين ، تنبت جراثيم الفطر وتنمو هيفاته . وقد تخترق هيفات الفطر قشرة البيضة من خلال ثقوب التهوية ، أو من خلال الشقوق الدقيقة التى تنتج أحيانا خلال مرحلة وضع الأنثى لبيضها .

فإذا استمرت البيضة – التى اخترقتها هيفات الفطر – محتفظة بحيويتها ، فإنها تفقس عن صغار تماسيح مصابة بالهيفات الممرضة . وتنمو هذه الهيفات فى جسم التمساح الصغير بسرعة خلال العام الأول دون أن تظهر أعراض المرض على جلد التمساح من الخارج ، ولكن بعد انتهاء العام الأول ، تظهر الأعراض الخارجية ، ويعانى التمساح الصغير من الإصابة الداخلية لأحشائه .

ويفسر ذلك الموت المفاجئ لبعض صغار التماسيح التى كانت تبدو سليمة وفى كامل

صحتها ، ولا تظهر على مثل هذه الحيوانات أية أعراض خارجية . ولكن عند فحص الأنسجة الداخلية لهذه التماسيح الصغيرة الميتة ، لوحظ وجود نموات هيفية كثيفة في الرئة والكبد ، مما أدى إلى موت الحيوان .

ومازالت هذه المشكلة قائمة ، وهى تهدد مزرعة التماسيح العملاقة فى أستراليا ، وتهتم الدولة هناك بالبحث عن وسيلة لتجنب التصاق الوحدات الفطرية لهذا الفطر الممرض بغلاف البيض الذى تضعه إناث التماسيح داخل عشوشها . ويراعى فى الطرق المقترح تنفيذها تجنب الهز العنيف للبيض خلال فترة التحضين ؛ حتى لا يتسبب ذلك فى فصل الكيس الجنينى عن الغشاء الداخلى ؛ مما يتسبب فى وفاة الجنين .

ومن ناحية أخرى ، وجد أن الغسيل الجيد لسطح البيض بعد وضعه فى العش على المواد النباتية ، وكذلك إضافة بعض المواد المضادة للحيوية فى ماء الغسيل ذات فاعلية جيدة لإزالة الوحدات الفطرية للفطر الممرض *F. solani* من على القشرة الخارجية ، وأيضا فى قتل الوحدات القليلة التى قد تستمر ملتصقة بالقشرة . ولم يسبب ذلك تلف البيض ، ولم يؤثر على حيوية الجنين .

كما اتبعت – فى هذه المزرعة – إجراءات صحية صارمة ؛ للحد من التلوث بالفطر الممرض ووقاية الحيوانات السليمة من العدوى . ومن هذه الإجراءات تقليل كثافة الحيوانات فى حظائر التربية منعا للازدحام ، ولخفض نسبة حدوث الجروح والخدوش السطحية . كما راعى المسئولون زيادة عدد أماكن التغذية لكل حظيرة ، مما يقلل من التزاحم خلال فترة التغذية .

وكذلك تم تعديل نظام التهوية والتدفئة داخل عنابر التربية ، وخاصة داخل عشوش الفقس لعدم تعرضها لأضرار البرودة ، بالإضافة إلى معالجة مياه المزرعة بالكلور ، والعناية بالعلف المقدم للتماسيح والتأكد من خلوه من الفطريات الضارة .

ولقد ظهرت هذه المشكلة للتماسيح الموجودة فى الأسر داخل المزرعة ، ولكن لا توجد حتى الآن معلومات عن مدى خطورة الفطر *F. solani* على صحة هذه التماسيح فى الطبيعة . وربما يسبب هذا الفطر بعض الأضرار للبيض أو لصغار التماسيح ؛ وبذلك يعتبر من الأعداء الطبيعية التى تحد من زيادة أعداد هذه الحيوانات فى الطبيعة ؛ حيث يتعرض البيض للسرقة من الحيوانات الأخرى بغرض التغذية عليه ، أو للحرارة الشديدة خلال دفنه فى رمال الشاطئ ، وأيضا قد يتعرض بعضه للكسر خلال رقاد أنثى التمساح عليه .

تاسعاً - المراجع References :

Austwick, P. K. C. (1986) . *Fusarium* iin man and animads. In Moss, M. O. & J. E. Smith (eds) . The Applied Mycology of *Fusarium*. Cambridge Univ. Press. pp. 129 - 140 .

Barson, G. (1976) . *Fusarium solani*, a weak pathogen of the larval stages of the large Elm Bark Beetle . Scolytus (Coleoptera - Scolytidae) . J. Iinvert. Path. 27:307-309.

Hibberd, E. M. A. and K. M. Harrower (1993) . Mycoses in crocodiles - The Mycologist, 7(1) : 32 - 37 .

Lord, R. J. (1990) . Unpublished data . (c. a. Hibberd & Harrower, 1993) .

Montali, R. J. M. Bush ; J. D. Strandberg ; D. L. Janssen ; D. J Boness and J. C. Whitla (1981) . Cyclic dermatitis associated with *Fusarium* sp. Infectrion in pinnipeds. J. Amer. Veter. Med. Asso. 179 (11) : 1198 - 1202 .

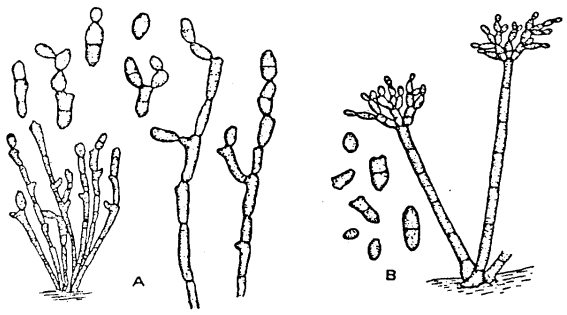
Nelson, P. E. ; T. A. Toussoun and R. J. Cook (1981) . *Fusarium*: Diseases, Biology and Taxonomy. Pennsylvania State Univ. Press.

Ripon, J. W. (1988) . Medical Mycology . 3rd Edn. W. B. Saunders Co.

Roffe, T. J. ; R. K. Stroud and R. M. Windingstad (1989) . Suspected fusariomycotoxicosis in sandhill cranes (*Grus canadensis*) : Clinical and pathological findings . Avian Diseases. 33 (3) : 451 - 457 .

Smith, A. G. ; A. G. Muhnich ; K. H. Muhvich and C. Wood (1989) . Fatal *Fusarium solani* infections in baby sharks. Journal Medical and Veterinary Mycology. 27 : 83 - 91 .

الباب الخامس



CLADOSPORIUM

فطريات الأوراق

الباب الخامس
فطريات سطوح الأوراق وقمم الأشجار
Phyllosphere & Canopy Fungi

مقدمة :

توفر سطوح الأعضاء النباتية المختلفة بيئة مناسبة لنمو كثير من الفطريات والخمائر . ولقد جذب هذا الموضوع اهتمام عديد من الباحثين لدراسة النمو السطحى لهذه الفطريات ؛ سواء المتطفلة منها ، أم المترممة ، وما يسببه نموها من فوائد أو أضرار للنباتات التى تنمو عليها .

ويعتبر عالم النبات الألمانى دى بارى (1866) De Bary أول من ذكر أن سطوح الأوراق تغطى بنموات فطرية داكنة اللون ، ثم شاهد هذه النموات الداكنة على الثمار العصيرية ، وأطلق عليها اسم " الأعفان السوداء sooty moulds " ، وفى عام ١٨٨٧ فحص " دى بارى " نموات هذه الفطريات ذات الجدر الخلوية البنية الداكنة وعرف منها الفطر *Dematium pullulans* .

وتتأثر هذه الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق بالعوامل البيئية من حولها ؛ مثل الإشعاع الشمسى ، والحرارة ، والرطوبة النسبية ، وسقوط الأمطار ، كما تتأثر تلك الأحياء بالمعاملات الكيميائية الورقية ؛ مثل : المخصبات الورقية ، والمبيدات، وهورمونات النمو ، التى يعمل بعضها على تشجيع نمو مجموعة من هذه الأحياء الدقيقة ، بينما يعمل البعض الآخر على تثبيط نمو - أو قتل - أحياء دقيقة أخرى . بالإضافة إلى ملوثات البيئة التى تتراكم على سطوح الأوراق ، والتى تؤدى إلى الإخلال بالتوازن الحيوى .

وتتداخل هذه الأحياء الدقيقة - فى نموها على سطوح الأوراق - مع بعضها ؛ حيث تتأثر بالمواد الثانوية الناتجة من تمثيلها الغذائى ؛ إذ يفرز بعضها مواد تشجع نمو بعض

الأحياء الدقيقة من حولها ، بينما قد تثبط نفس هذه المواد أحياءً دقيقة أخرى . ويلعب هذا التوازن بين الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق دورا كبيرا فى تحديد سيادة أحدها .

وتنمو الأحياء الدقيقة المختلفة على سطوح الأوراق مترممة ، وقد تنمو معها أحياء دقيقة أخرى ممرضة للنبات . وتتداخل عشائر هذه الأحياء الدقيقة فيما بينها مؤثرةً ومتأثرةً بما تفرزه من مواد مشجعةٍ للنمو أو مثبطةٍ له ، ومتنافسة بعضها مع بعض على العناصر الغذائية المحدودة على سطوح الأوراق ؛ وعلى ذلك فإن هذه الأحياء الدقيقة المترممة على سطوح الأوراق تعمل على الحد من الدور الضار الذى يمكن أن تقوم به الأنواع الأخرى الممرضة ، والذى يمكن أن يستفاد منه فى المكافحة الحيوية Biological control (Fokkema & Lorbeer, 1974 ; Rai & Singh, 1980 ; Ahmed & Saleh, 1987) .

ولقد أظهرت بعض الدراسات أهمية هذه الأحياء الدقيقة فى تحليل الأعضاء النباتية المختلفة فى التربة ؛ مما يعمل فى النهاية على زيادة خصوبتها . كما تلعب بعض بكتيريا الأزوت الجوى لا تكافليًا على سطوح الأوراق دورا كبيرا فى توفير النتروجين العضوى الصالح للاستفادة بواسطة النبات ، دون الحاجة إلى إضافة سمادٍ نتروجينى ، وهذا ما يطلق عليه اسم " التسميد الحيوى Biofertilization " .

ولقد استخدم الاصطلاح فيللوسفير phyllosphere للدلالة على الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق (Last, 1955 a ; Ruinen, 1966) ، بينما استخدم Kerling (1958) المصطلح phylloplane ، واستخدم (1981) Dickinson المصطلح epiphytes للدلالة على هذه الأحياء الدقيقة .

أولا ـ الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق :

تضم عشائر الأحياء الدقيقة النامية على سطوح أوراق النباتات بكتيريا وفطريات شبيهة بالخمائر تابعة للعائلة Cryptococcaceae (غير متجرثمة asporogenous) وأخرى تابعة للعائلة Sporobolomycetaceae (مكونة جراثيم تقذف بقوة ballistospore producers) ، علاوة على أنواع من الجنسين *Candia* ، و *Aureobasidum* .

وبالإضافة إلى ما سبق ، تضم عشائر فطريات سطوح الأوراق بعض الفطريات الهيفية الأسكية ، وبعض الطحالب التابعة للعائلتين Chlorophyceae ، و Cyanophyceae . كما تنمو بعض الأشنيات Lichens على سطوح الأوراق ، خاصة فى المناطق الاستوائية الرطبة .

كما تنتشر بعض الأكتينوميسيتات Actinomycetes– التى تستوطن التربة عادة – حيث تنمو على سطوح أوراق البادرات الصغيرة ؛ نتيجة انتقال هذه الأكتينوميسيتات من التربة . وبعد فترة من نمو هذه النباتات تختفى عشيرة الأكتينوميسيتات ، وتستبدل بنموات من بعض البكتيريا والخمائر والفطريات الهيفية .

ولقد قسم Hudson (1968) الفطريات النامية على سطوح الأوراق طبيعيًا إلى مجموعتين :

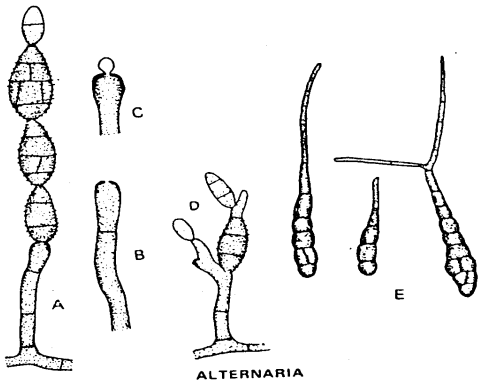
المجموعة الأولي :

تضم الفطريات المترممة الأولية الشائعة الانتشار : Common primary saprophytes .وهى تضم فطريات ؛ مثل : *Alternaria* spp. ، و *Cladosporium* spp. ، و *Epicoccum nigrrum* ، و *Botrytis cinerea* ، و *Aureobasidium pullulans* .

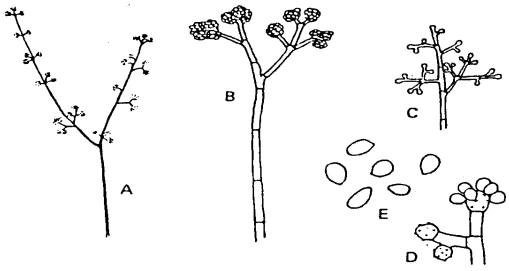
ويشار إلى هذه الفطريات – أيضا – باسم " فطريات الحقل Field fungi " ؛ حيث توجد على النباتات الخضراء ، وأيضا على النباتات الحديثة التحلل .

المجموعة الثانية :

تشمل الفطريات المترممة الأولية محدودة العوائل Restricted primary saprophytes ؛ مثال ذلك الفطران : *Readeriella mirabilis* و *Piggotia stellata*؛ حيث يرتبط وجودهما بأشجار الأوكالبتوس eucalypt (Macauley & Thrower, 1966) ، والفطر *Leptosphaeria* spp. الذى ينمو على بعض النباتات النجيلية ، والفطران *Fusarium bacillare* ، و *Sclerophoma pithyophila* اللذان ينموان على الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر (Tubaki & Yokoyama, 1971) .

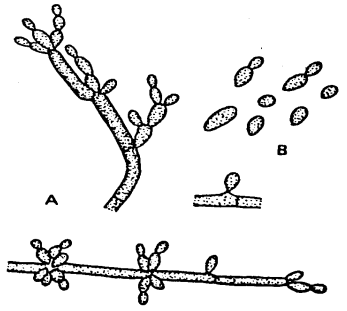


ALTERNARIA

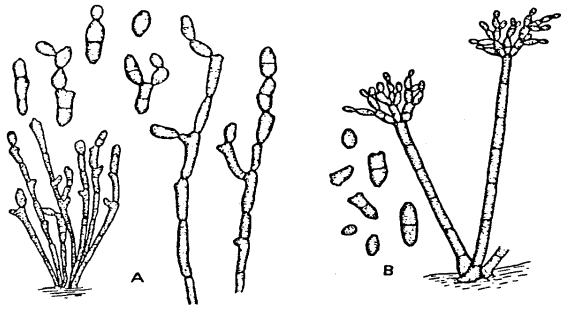


BOTRYTIS

شكل (٥ – ١) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات المترممة الأوليـــة الشائعـــة الانتشار .



AUREOBASIDIUM



CLADOSPORIUM

تابع شكل (٥ - ١) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات المترممة الأولية الشائعة الانتشار .

ومن ناحية أخرى ، تنمو عديد من الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق الحية للنباتات الحولية والأشجار المعمرة ، حيث يطلق عليها اسم الأحياء الدقيقة القاطنة للأوراق بصورة دائمة resident inhabitants ، بينما يطلق على الأحياء الدقيقة التى توجد على سطوح الأوراق بصفة مؤقتة اسم " causal inhabitants " .

ويرجع وجود بعض الأحياء الدقيقة بصفة مؤقتة على سطوح الأوراق الى غياب مواد غذائية ضرورية ، وكذلك لعدم توفر الظروف الملائمة لنمو هذه الأحياء الدقيقة. ويعمل التنافس competition والتضاد antagonism بين الأحياء الدقيقة القاطنة لسطوح الأوراق إلى وقف نشاط بعض منها واختفائه بعد فترة .

وبناءً على ما سبق ، قسم (Hudson (1986 فطريات سطوح الأوراق إلى ثلاث فئات ، هى : فطريات سطوح الأوراق غير الممرضة non-pathogenic epiphytes، والممرضات pathogens ، وفطريات سطوح الأوراق العارضة causal inhabitants exochthonous .

وتقسم الفطريات الغير ممرضة القاطنة لسطوح الأوراق إلى مجموعتين رئيسيتين : قاطنات سطوح الأوراق phylloplane inhabitants ، والمترممات الأولية الشائعة الانتشار common primary saprotrophs . وتستطيع الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق استكمال دورة حياتها – أو جزء كبير منها – على تلك الأوراق الحية دون أن تتسبب فى تلفها .

١ – قاطنات سطوح الأوراق :

تعتبر الخميرة *Sporobolomyces roseus* نموذجا جيدا لمثل هذه الفطريات ، حيث إنها موجودة بصورة دائمة على سطوح أوراق النباتات النجيلية والأعشاب ذات الفلقتين ، وكذلك على سطوح أوراق الأشجار المعمرة والشجيرات فى أى مكان تنمو فيه .

وتتضاعف خلايا هذه الخميرة بسرعة كبيرة بواسطة التبرعم ، وذلك عندما تكون الظروف المحيطة بها ملائمة ، مكونة عشائر عديدة على سطوح الأوراق . ويمكن أن يعاد توزيع الخلايا المتبرعمة لهذه الخمائر على سطح الورقة عن طريق طرطشة

قطيرات مياه الأمطار ، وقد يعمل ذلك على انتشارها إلى سطوح الأوراق الأخرى المجاورة .

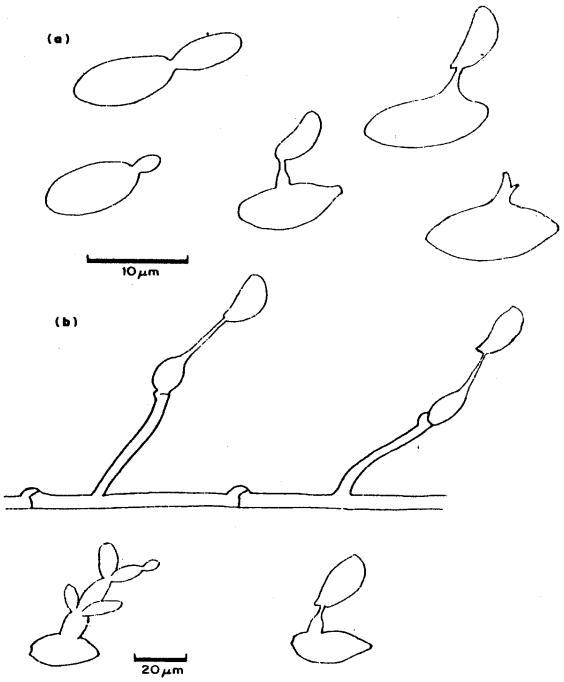
كما تتكاثر هذه الخميرة – أيضا – عن طريق تكوين جراثيم بازيدية تقذف بقوة ballistospores ، تتميز بقدرتها على الانتشار عن طريق الرياح . وتتكون هذه الجراثيم على ذنيبات قصيرة ؛ وذلك تحت ظروف الرطوبة العالية خلال ساعات الليل ، ثم تقذف من على سطوح الأوراق إلى طبقة الهواء المحيطة بالورقة بعد ذلك .

وهناك فطريات خميرة أخرى تتبع العائلة Sporobolomycetaceae ، شائعة الانتشار على سطوح الأوراق ، وهى أنواع تابعة للجنس *Bullera* ، تسلك سلوكا مشابها للجنس *Sporobolomyces* . وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن بعض أنواع الخمائر التابعة للجنس *Tilletiopsis* و *Itersonilia* تنمو على صورة ميسليوم غير كثيف ، تتكون عليه جراثيم تقذف بقوة ballistospores (شكل ٥ – ٢) .

وعلاوة على ذلك ، توجد خمائر أخرى تتبع العائلة Cryptococcaceae ، وهى من الخمائر غير المتجرثمة ، حيث تتواجد على سطوح الأوراق على صورة خلايا متبرعمة . وتستكمل هذه الخمائر دورة حياتها بالكامل على سطح الأوراق .

ويمكن معرفة وجود هذه الخمائر عن طريق تعليق ورقة نبات على السطح الداخلى لطبق بترى ، بحيث يواجه السطح السفلى للورقة سطح بيئة اجار مستخلص المولت (٢٪) والتحضين لفترة حوالى ١٢ ساعة . وخلال هذه الفترة تطلق الخميرة جراثيمها بقوة ، حيث تسقط هذه الجراثيم عموديا خلال الهواء الساكن الرطب فى الطبق البترى ، ثم تبدأ فى التبرعم .

وتكوّن جراثيم الفطر *S. roseus* المتساقطة على سطح بيئة الاجار مستعمرات ذات لون قرنفلى يمكن رؤيتها بالعين المجردة بعد فترة تحضين تتراوح بين يومين وثلاثة أيام . ويلاحظ أن مستعمرات الخميرة النامية على سطح بيئة الأجار عبارة عن صورة بالمراة لتوزيع عشائر الخميرة على سطح الورقة المعلقة فى غطاء الطبق البترى ؛ لذلك يطلق على مثل هذه الخميرة اسم " mirror or shadow yeast " (شكل ٥ – ٢٠) .



شكل (٥ – ٢) : a = تبرعم خلايا الخميرة *Sporobolomyces roseus* وتكوين جراثيمها البازيدية التى تقذف بقوة ballistospores .
b = تكوين الجراثيم البازيدية التى تقذف بقوة فى الخميرة *Itersonilia perplexans* ، وإنبات الجراثيم المقذوفة عن طريق التبرعم ، وأيضا بتكوين جراثيم تقذف بقوة مرة أخرى .

٢ – المترممات الأولية الشائعة الانتشار :

لا تستطيع الفطريات التابعة لهذه المجموعة النمو بصورة جيدة على سطوح الأوراق حتى تبدأ مرحلة شيخوخة هذه الأوراق . وتتواجد الوحدات الفطرية بصورة غير نشطة على الأوراق الخضراء عادة ، فإذا ما بدأت أنسجة الورقة فى التدهور ، نشطت هذه الوحدات الفطرية مكونة نموا هيفيا على سطح الورقة .

ولا تكون الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق phylloplane inhabitants والمترممات الأولية الشائعة الانتشار common primary saprotrophs مجموعتين محددتين من الفطريات . فعلى سبيل المثال ، يشترك وجود الأنواع التابعة لكل من الفطر *Aureobasidium* والفطر *Cladosporium* فى كلتا المجموعتين ؛ وذلك لانها تنمو مكونة كونيديات على سطوح الأوراق ، كما أنها تنمو إلى أقصى حد لها على الأوراق الميتة .

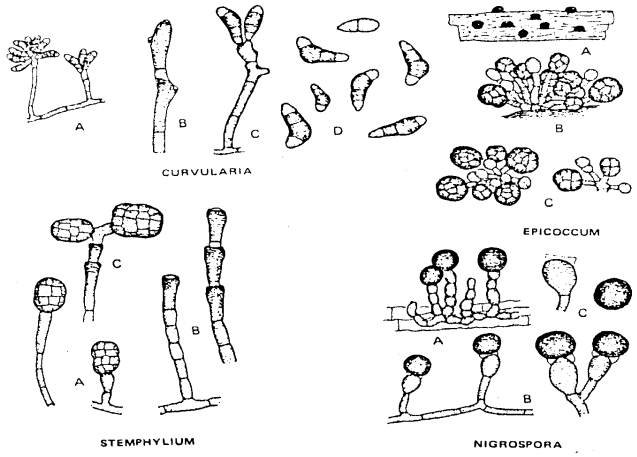
وهناك فطريات أخرى توجد على سطوح الأوراق ، مثال ذلك بعض الأطوار الناقصة لفطريات أسكية ، كالفطريات *Alternaria alternata*، و *Botrytis cinerea*، و *Epicoccum purpurascens* ، و *Stemphylium botryosum* .

وفى المناطق الاستوائية ، تنتشر على سطوح أوراق النباتات أنواع أخرى من الفطريات ، مثال ذلك *Curvularia* spp. و *Nigrospora* spp. وغيرها ، حيث تتواجد كونيدياتها على سطوح الأوراق الخضراء ، فإذا ما وصلت هذه الأوراق إلى مرحلة الشيخوخة وبدأت أنسجتها فى الانهيار ، نبتت هذه الكونيديات وبدأ الفطر نشاطه .

٣ – الفطريات الممرضة للنبات على سطوح الأوراق :

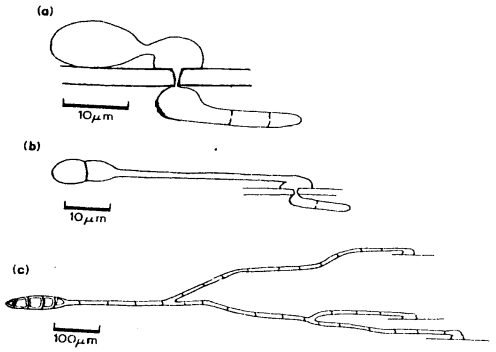
يمكن التعرف على مجموعتين من الفطريات الممرضة للنبات على سطوح الأوراق، تضم الأولى الفطريات المسببة لأمراض البياض الدقيقى التابعة لرتبة الاريسيفالات Erysiphales ، التى تنتشر على سطوح الأوراق ؛ مرسلة ممصاتها فى خلايا بشرة العائل النباتى . وتتميز هذه الفطريات بأنها خارجية التطفل ectoparasites ، حيث يوجد الميسليوم والكونيديات والأجسام الثمرية الأسكية على سطح الورقة ، بينما تضم المجموعة الثانية باقى الفطريات الممرضة للنبات ، حيث

تتم الإصابة وتنمو هيفات الفطر داخل أنسجة النبات العائل ، ويتـــم تكويـــن الجراثيـــم خارجيًا .



شكل (٥ – ٣) : الحوامل الكونيدية والكونيديات الداكنة اللون لبعـــض الفطريـــات القاطنـــة لسطوح الأوراق .

وتتميز بعض فطريات هذه المجموعة من الفطريات الممرضة للنبات بأنها تكوّن عضو إلتصاق appressorium على أنبوب الإنبات الناتج عن إنبات الجرثومة ، ثم يتم الاختراق عن طريق وتد عدوى infection peg يخترق بشرة النبات مباشرة عند موقع تكوين عضو الالتصاق . وفى حالات أخرى تنمو هيفات الفطر الممرض على سطح بشرة النبات لفترة ما قبل اختراقها للبشرة ونموها داخل أنسجة الورقة (شكل ٥ – ٤) .



شكل (٥ – ٤) : ثلاثة أنماط من نمو الفطريات الممرضة للنبات القاطنة لسطوح الأوراق pathogenic leaf-inhabiting fungi .

a = **الفطر** *Botrytis fabae* .

b = **الفطر** *Mycosphaerella linicola* .

c = **الفطر** *Cochliobolus sativus* .

وتبقى جراثيم بعض هذه الفطريات الممرضة ساكنة على سطوح الأوراق لفترة زمنية ، حيث يتم إنباتها عند انهيار مقاومة العائل النباتى قبيل مرحلة الشيخوخة أو نتيجة لتحسن الظروف الجوية . وعلى أية حال لا توجد علاقة واضحة بين الممرضات السابقة وبعض المترممات الأولية الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق .

ويعتبر الفطر *Botrytis cinerea* مثالاً جيداً للفطريات المترممة شائعة الانتشار على سطوح الأوراق ، وهو – فى نفس الوقت – من الفطريات الممرضة لبعض العوائل النباتية ، حيث يسبب موتا للأنسجة تحت الظروف الملائمة ، مثل توفر الرطوبة النسبية العالية التى تناسبه ولا تناسب العائل النباتى .

ويمكن لكونيديات هذا الفطر الانبات على سطح الورقة ، وبعد مرحلة من النمو السطحى يخترق وتد العدوى بشرة الورقة مسبباً تحللاً للأنسجة النباتية نتيجة نشاط إنزيماته المحللة للبكتين .

٤ – فطريات سطوح الأوراق المؤقتة :

لوحظ أن جراثيم بعض الفطريات الممرضة للنبات لا تستطيع عدوى أوراق العائل النباتى التى قد تتواجد على سطحه ، حيث تبقى ساكنة لفترة ، أو قد تنبت قبل أن تنتبه إلى أن هذا العائل النباتى لا يناسبها . وقد تشارك هذه الجراثيم – شأنها فى ذلك شأن حبوب اللقاح – فى توفير مزيد من المواد الغذائية على سطوح الأوراق للأحياء الدقيقة القاطنة لهذه البيئة .

وقد تترسب على سطوح الأوراق أيضا بعض فطريات التربة الممرضة للنبات، والتى تتعلق جراثيمها فى الهواء بفعل حركة الرياح المثيرة للأتربة . ويعمل سقوط الأمطار على غسل هذه الجراثيم من الهواء وكذلك من على سطوح الأوراق ، وإعادتها مرة أخرى إلى سطح التربة . وهكذا يتم انتشار جراثيم هذه الفطريات بين التربة (موطنها الأصلى) والهواء وسطوح الأوراق .

وكذلك الحال فى جراثيم بعض فطريات الروث coprophilous fungi ، والتى تنمو على روث الحيوانات العشبية ، حيث يتم قذفها إلى أوراق الحشائش المحيطة بكتل الروث ، ثم تبقى هذه الجراثيم ملتصقة بسطوح هذه الأوراق حتى تؤكل بما عليها من جراثيم بواسطة الحيوانات العشبية .

وتمر جراثيم هذه الفطريات من خلال الجهاز الهضمى للحيوان العشبى . وقد تكون هذه المرحلة ضرورية لكسر طور سكون هذه الجراثيم وتشجيع إنباتها . وهكذا تستكمل دورة انتشارها من الروث إلى سطوح أوراق الأعشاب ، إلى الجهاز الهضمى للحيوانات المجترة ، ثم إلى الروث مرة أخرى (شكل ٦ – ١٣) .

ثانيا ـ صفات الفطريات المترممة الأولية الشائعة الإنتشار :

١ – التغذية Nutrients :

تبعا لتقسيم الفطريات من الناحية الغذائية ، والذى اقترحه Garrett عام ١٩٦٣ ، فإن فطريات سطوح الأوراق المترممة تعتبر من الفطريات المحبة للسكريات sugar fungi ، وبالتالى لا تعمل هذه الفطريات على تحليل السيليلوز ، ولكنها تتغذى على السكريات المتاحة مثل السكريات السداسية hexoses والخماسية pentoses ، بالإضافة إلى بعض المركبات غير المعقدة نسبيا مثل البكتين والنشا .

وتتميز هذه الفطريات بنموها الكثيف ، وسرعة إنبات جراثيمها . ومن الأمثلة النموذجية لمثل هذه الفطريات ، الفطريات الزيجية من رتبة الميوكورات Mucorales الشائعة الإنتشار على روث الحيوانات العشبية .

وتعتبر الفطريات المترممة الأولية المحبة للسكريات primary saprotrophic sugar fungi من الفطريات السريعة الزوال ephemeral ، ويرجع ذلك إلى الطبيعة المؤقتة لمادة الروث التى تنمو عليها ، بينما يدل بقاء الفطريات المترممة الأولية الشائعة لشهور طويلة على سطوح أوراق النباتات على أن هذه الفطريات ليست ذات طبيعة وقتية .

وتعتمد الفطريات المترممة فى بقائها – بصفة عامة – على قدرتها فى تحليل السيليلوز ، وعلى الرغم من ذلك فإن معظم الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق لا تحلله . ومن المحتمل أن مثل هذه الفطريات – مثل الفطر *Aureobasidium pullulans* – تعتمد على المواد البكتينية كمصدر للكربون ، حيث يفسر ذلك دور هذه الفطريات كمترممات على سطوح الأوراق .

ولا يمكن مقارنة فطريات سطوح الأوراق من ناحية قدرتها على تحليل السيليلوز ببعض الفطريات البازيدية التى تنمو على أوراق الأشجار فى المراحل المتأخرة من سلسلة تتابع الفطريات المحللة لها . فعلى سبيل المثال ، قام (1967) Hering بحقن أوراق أشجار البلوط المعقمة بأشعة جاما بالفطرين *A. pullulans* و *Cladosporium herbarum* ، بالإضافة إلى الفطر *Mycena galopus* ؛ وهو من فطريات عيش

الغراب الخيشومية ، ثم تابع الباحث الفقد فى وزن الأوراق المحقونة والمحضنة على درجة حرارة تتراوح بين ٩ – ١٥°م لمدة ستة أشهر .

وأظهرت النتائج أن الفطريين *A. pullulans* و *C. herbarum* سببا فقدا فى وزن الأوراق قدره ٢ و ٤٪ على الترتيب، بينما سبب الفطر *M. galopus* فقدا قدره ١٥ – ٢٠٪ ؛ حيث يرجع ذلك إلى قدرة الفطر الأخير على تحليل المواد المعقدة بما فيها السيليلوز .

وتستعمل هذه الفطريات المحللة للسيليلوز المواد الكربوهيدراتية البسيطة – مثل السكريات والنشا – فى حالة توفرها ، فإذا استهلكت ، تتجه هذه الفطريات إلى تحليل السيليلوز . ولذلك تبقى مثل هذه الفطريات فى حالة نشاط دائم حتى تحت هذه الظروف الغذائية الصعبة ، فى الوقت الذى تتوقف خلاله الفطريات الأخرى عن النشاط .

كما تلعب الاحتياجات النتروجينية دورا محددا فى تغذية ونمو هذه الفطريات على سطوح الأوراق ، وخاصة وأن المصادر النتروجينية محدودة فى مثل هذه البيئة . ويمكن ملاحظة ذلك عند رش الأوراق بمحلول ٥٪ يوريا بعد جنى ثمار التفاح وقبل سقوط الأوراق ، حيث يعوق ذلك تكوين الأجسام الثمرية الأسكية لفطر جرب التفاح *Venturia inaequalis* على الأوراق المتساقطة على الأرض خلال فصل الشتاء .

وعلى ذلك ، يعتبر رش محلول اليوريا السابق إحدى وسائل مكافحة مرض جرب التفاح ، لأنه يؤدى إلى نشاط الفطريات المترممة على سطوح الأوراق المتساقطة على الأرض ، مما يثبط تكوين الجراثيم الأسكية التى تعتبر اللقاح الأولى لعدوى الأوراق الحديثة فى فصل الربيع التالى .

ولقد درس الباحثان Birchill & Cooke (1971) دور اليوريا فى نشاط عشائر الفطريات على سطوح الأوراق ، حيث كانت أكثر الفطريات شيوعا تلك التابعة للجنسيين *Alternaria* و *Cladosporium* . وأدت الزيادة الفائقة فى النمو الميسليومى للفطرين السابقين إلى استهلاك مزيد من المصدر الكربونى فى وجود اليوريا كمصدر نتروجينى مناسب ، مما أدى إلى تثبيط نشاط الفطر الممرض *V. inaequalis* .

وكذلك الحال عند رش اليوريا على الأوراق الأبرية لأشجار الصنوبر المتساقطة على الأرض ، حيث أدى ذلك إلى زيادة نشاط الفطر *Cladosporium herbarum*

على سطوح هذه الأوراق . كما نشطت بعض الفطريات المترممة الأولية الشائعة الأخرى مثال ذلك الفطر *Epicoccum purpurascens* الذى لا يشاهد – عادة – على سطوح الاوراق الإبرية .

وليس من المعروف – على وجه التحديد – الدور الذى تلعبه اليوريا على فطريات سطوح الأوراق ، فمن المحتمل أن يعتمد دورها على أساس كونها مادة قلوية . فعلى سبيل المثال ، ظهرت بعض فطريات عيش الغراب غير المألوفة على الأوراق الإبرية المعاملة باليوريا ، وكذلك بأى محلول قلوى اخر . ومن أمثلة هذه الفطريات الفطر *Myxomphalia maura* الذى ينمو على الرماد ذى التأثير القلوى المتخلف عن إشعال النار فى الخلاء على التربة الحامضية فى مناطق الغابات المخروطية .

ولا يشاهد الفطر السابق عادة ناميا على الأخشاب فى المناطق ذات التربة القلوية، وبالتالى لا يعتبر هذا الفطر من الأنواع المحبة للنمو فى الأراضى الكلسية calcicole . ولقد لوحظت زيادة نمو هذا الفطر عند إضافة الجير إلى الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر ، بينما تؤدى معاملة هذه الأوراق بمادة كربونات الصوديوم إلى نمو الفطر *C. herbarum* و *E. purpurascens* .

وتعطى كل من اليوريا والمواد الأخرى القلوية تأثيرات مشابهة على الأوراق الإبرية ، حيث تسبب تحولاً فى لونها إلى اللون الداكن ، كما يصبح قوامها لينا ، ويرتفع رقم حموضتها من ٣,٥ – ٤ إلى ٥,٥ – ٦ . وتسبب المعاملة السابقة انسياب الأمونيا من بقايا الأوراق خلال تحللها ، حيث يستعملها الفطر كمصدر نتروجينى فى غذائه .

٣ – معدلات النمو Growth rates :

لا تعتبر الفطريات المترممة السابق الإشارة إليها من المترممات الأولية بطيئة النمو ، وذلك لأنها تنمو بصورة أسرع عن غيرها من الفطريات النامية على سطوح الأوراق . وتتميز هذه الفطريات بتنوعها الشديد ، فمثلا ينتج الفطر *Aureobasidium pullulans* كونيدياته فى مادة لزجة ، بينما تنمو خلاياه متبرعمة فيما يشبه الخميرة .

وكذلك الحال فى الفطر *C. herbarum* ، فهو سريع التجرثم ، بينما معدل نموه الميسليومى بطئ نسبيا ، بعكس الحال فى الفطر *Botrytis cinerea* ؛ فهو سريع النمو

الميسليومى . ويعتبر الفطران *Alternaria alternata* و *Epicoccum purpurascens* وسطا بين الفطرين السابقين من ناحية سرعة النمو الميسليومى .

٣ – تحمل الجفاف Tolerance of desiccation

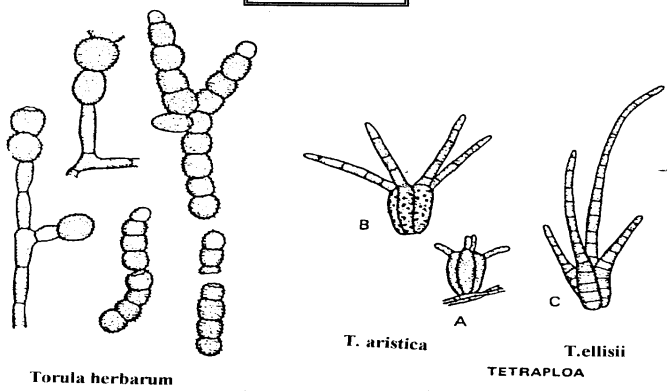
تعتبر الأوراق التى فى مرحلة الشيخوخة على الأشجار ، وتلك المتساقطة حديثا على الأرض سريعة التعرض للجفاف ، خاصة عند تعرضها المباشر لأشعة الشمس .

وقد أجرى كل من Webster & Dix (1960) دراسة قارنا خلالها بين معدلات النمو وفترات الحضانة لإنبات الجراثيم ، ومعدل نمو أنابيب الإنبات لثلاثة فطريات من تلك المترممات الأولية بالمقارنة بنوعين من الفطريات المترممة الثانوية وهما *Torula herbarum* و *Tetraploa aristata* (شكل ٥ – ٥) عند رطوبة نسبية ١٠٠٪ وأقل من ذلك .

ولقد أوضحت النتائج وجود اختلافات قليلة بين قدرة ميسليوم الفطريات السابقة على النمو تحت ظروف الرطوبة المنخفضة ، بينما لم تتمكن الفطريات المترممة الأولية من النمو جيدا تحت هذه الظروف . ولكن عند ارتفاع الرطوبة النسبية (١٠٠٪) فإن الفطرين *A. alternata* و *E. purpurascens* ينموان أسرع من الفطريات المترممة الثانوية ، وكذلك أسرعت الجراثيم فى إنباتها ، وزاد معدل نمو أنابيب الإنبات .

ويمكن لكونيديات الفطرين السابقين الإنبات تحت ظروف انخفاض الرطوبة النسبية ، وهذا يعطيها ميزة عن غيرها من الفطريات الأخرى ، حيث تسرع من نموها، ونشر هيفاتها على سطوح الأوراق قبل أن تبدأ جراثيم الفطريات الأخرى فى الإنبات.

ونظرا للتغيرات السريعة فى الظروف المحيطة بسطوح الأوراق ، فقد تتعرض الكونيديات النابته إلى الجفاف السريع قبل أن تنجح فى اختراق سطح الورقة . ولقد درس Diem (1971) مدى بقاء الكونيديات النابتة على قيد الحياة تحت ظروف إنخفاض الرطوبة ؛ وذلك للفطر *C. herbarum* والفطر *A. alternata* وغيرهما من فطريات سطوح الأوراق .



شكل (٥ - ٥) : كونيديات وحوامل كونيدية لبعض فطريات خمائر سطوح الأوراق المتحملة للجفاف . يلاحظ غياب الحوامل الكونيدية فى الجنس *Tetraploa* ؛ حيث تتكون الكونيديات مباشرة على ميسليوم الفطر .

وقد أظهرت النتائج أن الكونيديات ذات الألوان الداكنة – مثل تلك التى تكونها بعض الفطريات مثل *Cladosporium* و *Alternaria* – تكون أكثر مقاومة للجفاف خلال مرحلة الإنبات ، بالمقارنة بالكونيديات ذات الألوان الباهتة للفطريين *Aspergillus* و *Penicillium* تحت نفس الظروف .

ولقد أمكن إنبات ٩٠٪ من هذه الكونيديات ذات الألوان الداكنة تحت ظروف الرطوبة النسبية العالية (١٠٠٪) ، وذلك بعد تعرضها لظروف الجفاف عن طريق وضعها داخل مجفف يحتوى على كلوريد كالسيوم لامائى لمدة ثمانى ساعات ، وكذلك أمكن إنبات ٩٩٪ من هذه الكونيديات بعد حفظها لمدة ثمانى ساعات تحت ظروف رطوبة نسبية منخفضة (٤٠ ٪) .

وتدل النتائج السابقة على أن إنبات الكونيديات ذات الألوان الداكنة تحت ظروف إرتفاع الرطوبة النسبية فى الهواء المحيط بسطوح الأوراق خلال الليل يعرض أنابيب الإنبات المتكونة للجفاف خلال النهار ، إذا لم يسرع الفطر باختراق سطح الورقة . إلا

أن أنابيب إنبات كونيديات هذه الفطريات الداكنة متحملة للجفاف . كما أن تعرض أنبوب إنبات كونيدة الفطر *Alternaria* للتلف – خلال الجفاف – يعمل على إنتاج أنبوب إنبات آخر من خلية ثانية من الكونيدة عديدة الخلايا .

وعلى العكس مما سبق ، فإن أنابيب إنبات كونيديات الفطر *Aspergillus* والفطر *Penicillium* ليست قادرة على الاحتفاظ بحيويتها بعد تعرضها لفترات جفاف تقل فيها الرطوبة النسبية عن ٨٥٪ ، فى حين أن الأنواع التابعة للفطريين السابقين المكونة للكونيديات الملونة فإنها تسلك سلوكا مشابها للفطريات ذات الكونيديات الداكنة السابقة ، لذلك يمكن اعتبارها من الفطريات المترممة الأولية primary colonizers . ولكن يجب أن يؤخذ فى الحسبان أن بعض الفطريات المترممة الأولية تكوّن كونيديات غير داكنة اللون not-pigmented conidia ؛ مثال ذلك فطرى *Aureobasidium* و *Botrytis*.

وكذلك الحال فى فطريات البياض الدقيقى الإجبارية التطفل – التابعة لرتبة إريسيفالات Erysiphales– التى تكوّن كونيديات شفافة عديمة اللون على سطوح أوراق عوائلها النباتية . وتدل الأمثلة السابقة على أن الألوان الداكنة تساعد كونيديات الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق على تحمل الظروف السيئة ، ولكن لا يمكن اعتبار ذلك صفة أساسية لاحتفاظ فطريات سطوح الأوراق بحياتها تحت هذه الظروف .

وتعتبر القمم النامية لأنابيب الإنبات وللهيفات الفطرية شديدة الحساسية للجفاف ، إلا أن الفطريات المترممة أوليًا على سطوح الأوراق تظهر قدرا كبيرا من تحمل الجفاف فى قممها النامية ، ولمدة طويلة قد تصل إلى ثلاثة أسابيع . ولقد أمكن إثبات ذلك بوضع أنابيب الإنبات والهيفات الفطرية النامية لهذه الفطريات فى مجفف يحتوى على محلول مشبع من نترات البوتاسيوم يبلغ ضغطه المائى 0.45_{aw} .

وتتيح هذه المقدرة على تحمل الجفاف لمثل هذه الفطريات النمو السريع بمجرد تحسن الظروف المحيطة بها وارتفاع الرطوبة النسبية ، دون أن يظهر عليها أى تلف فى كتلتها الحيوية نتيجة تعرضها لفترات الجفاف الطويلة . وتعتبر هذه القدرة على تحمل الجفاف من العوامل المحددة لبقاء مثل هذه الفطريات – القاطنة لسطوح الأوراق – تحت الظروف البيئية الصعبة .

ثالثاً ـ التراكيب الفطرية المحافظة على حيوية الفطريات:

بمجرد أن تنمو الفطريات المترممة الأولية الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق ، فإنها تنتج بعض التراكيب الفطرية الداكنة اللون التى تحافظ على حيويتها pigmented survival structures . فعلى سبيل المثال ، يُكوّن الفطر *Cladosporium herbarum* أجساما حجرية دقيقة minute microsclerotia ، ويكوّن الفطران *Botrytis cinerea* و *Epicoccum purpurascens* أجساما حجرية sclerotia ، أما الفطر *Aureobasidium pullulans* فإنه يُكوّن تجمعات من الجراثيم الكلاميدية aggregates of chlamydospores .

وتتميز بعض الفطريات السابقة بأنها ذات ميسليوم داكن اللون ، حيث يعمل هذا اللون الداكن pigmentation على حماية الهيفات الفطرية والتراكيب الأخرى السابق الإشارة إليها من الجفاف والأشعة فوق البنفسجية وأيضا من التحلل الميكروبى .

وعلى ذلك ، فإنه من الواضح أن الفطريات المترممة الأولية الشائعة the common primary saprotrophs تتميز بصفات متعددة ، اعتمدت عليها فى تأقلمها على الحياة تحت هذه الظروف القاسية على سطوح الأوراق ، حيث إستطاع كل فطر من هذه الفطريات أن يدبر لنفسه الوسيلة – أو الوسائل – التى تجعله قادراً على تحمل البقاء والأحتفاظ بحيويته ، كل بطريقته .

وفى المناطق ذات المناخ المعتدل ، تنتج بعض هذه الفطريات المترممة الأولية الشائعة أجساما ثمرية أسكية ، خاصة فى نهاية فصل الخريف حيث تتساقط أوراق الأشجار ، مشابهه فى ذلك سلوك بعض الفطريات الممرضة للنبات ؛ مثل الفطر *Apiognomonia errabunda* على الخوخ ، والفطر *Venturia inaequalis* على التفاح .

وتنتشر الجراثيم الأسكية من تلك الأجسام الثمرية الأسكية التى تكونها الفطريات السابقة على أوراق عوائلها النباتية فى الفترة من أوائل إبريل حتى أوائل يونيو . وتعتبر هذه الفترة هى الوقت المناسب لظهور الأوراق الجديدة ، والتى تعمل كمصايد للجراثيم الأسكية السابق تكوينها ، والتى تقطن الهواء air-borne ascospores ؛ حيث تتم العدوى بها تحت الظروف الملائمة .

ومن ناحية أخرى ، تكوّن الفطريات المترممة الشائعة الانتشار أطوارا جنسية كاملة telemorphic states على سطوح الأوراق المتساقطة على الأرض . فعلى سبيل المثال يكوّن الفطر *Aureobasidium pullulans* أجساما ثمرية أسكية لطوره الكامل *Guignardia fagi* ، بينما يعتبر الفطر *Mycosphaerella tassiana* الطور الأسكى للفطر الناقص *Cladosporium herbarum* .

ويمكن إعتبار الأجسام الثمرية الأسكية – التى تكونها مثل هذه الفطريات – تراكيب فطرية إضافية تحافظ بها على حيويتها تحت الظروف السيئة . كما تنتج هذه الأجسام الثمرية لقاحا إضافيًا من الجراثيم الأسكية ، بالإضافة إلى ما تنتجه من كونيديات خلال فصل الربيع .

رابعاً - تتابع عشائر فطريات سطوح وعفن الأوراق :

تختفى – عادة – الفطريات التى تظهر مبكرا على سطوح الأوراق تدريجيًا مع تقدم الورقة فى العمر ، حيث يحل محلها فطريات أخرى من تلك الأنواع المترممة القاطنة لسطوح الأوراق . وتصل هذه الفطريات المترممة إلى أقصى نشاط لها بعد تساقط هذه الأوراق – فى مرحلة الشيخوخة – على الأرض .

وتشمل هذه الفطريات المترممة القاطنة لسطوح الأوراق أنواعا متباينة للغاية ، منها ما يكوّن كونيديات مثل الفطر *Polyscytalum fecundissimum* والفطر *Chalara cylindrospora* ، ومنها فطريات أسكية مثل الفطر *Microthyrium fagi* ، والفطر *Helotium caudatum* ، بالإضافة إلى بعض الفطريات البازيدية المكونة لثمار عيش غراب خيشومية دقيقة الحجم مثل الفطر *Lachnella villosa* . ومن الفطريات المرجانية الفطر *Pistillaria pusilla* التى تنمو هيفاته وأجسامه الثمرية على أوراق أشجار الزان المتساقطة على سطح الأرض .

وتنمو بعض الفطريات القاطنة للتربة على مثل هذه الأوراق المتراكمة على سطح الأرض ، خاصة فى المراحل النهائية من تحليلها، مثال ذلك بعض الفطريات الزيجية من رتبة الميوكورات Mucorales، خاصة الجنسين *Mucor* و *Mortierella* ، وبعض الفطريات الكونيدية مثل أنواع من الجنسين *Trichoderma* ، و *Penicillium*، بالإضافة إلى بعض فطريات عيش الغراب الخيشومية من الجنس *Collybia* ، و الجنس *Mycena* .

وفى المراحل الأولى من تحلل أوراق الأشجار المتراكمة على سطح التربة ، لا تجد الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات أية مواد كربوهيدراتية بسيطة يمكن الاعتماد عليها كمصدر كربونى ، نظرا لإستهلاكها فى نهاية مرحلة الشيخوخة نتيجة نشاط فطريات سطوح الأوراق .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن هذه الفطريات الزيجية يمكنها التعايش مع فطريات عيش الغراب الخيشومية المحللة للسيليلوز ، حيث يمكنها الحصول على جزء من المواد الكربوهيدراتية الوسطية الناتجة من تحليل السيليلوز . لذلك يمكن الحكم على هذه الفطريات الزيجية من رتبة الميوكورات بأنها من المترممات الثانوية المحبة للسكريات secondary saprotrophic sugar fungi أكثر من كونها مترممات أولية primary colonizers .

إلا أنه – فى بعض الحالات – تكون هذه الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات من المترممات الأولية ، وذلك عند نموها على كتل براز الحيوانات الصغيرة micro fauna خاصة الحلم . كما يتميز سطح التربة بمحتواه العالى من المواد الكيتينية ، نتيجة بعثرة جدر هيفات الفطريات والهياكل الخارجية للحشرات وبقايا الحيوانات الدقيقة .

ونتيجة لما سبق ، تنتشر نموات فطريات التربة ذات القدرة على تحليل المركبات الكيتينية السابقة ، وخاصة فى المراحل النهائية من تحليل المواد العضوية الأولية والثانوية ، مثال ذلك بعض الأنواع التابعة للأجناس *Mortierella* و *Penicillium* و *Trichoderma* .

ولقد درس Ruinen (1966) النمو السطحى لبعض الأحياء الدقيقة على سطوح أوراق عديدٍ من النباتات ؛ حيث وجد أن هناك أنواعا محدودة من البكتيريا والخمائر تستوطن سطوح الأوراق . ووجد أن عشائر البكتيريا هذه أول من يستوطن سطح الورقة ، تتبعها الأكتينوميسيتات ، ثم الفطريات ، وبعد ذلك الأشنات إذا توفرت الظروف البيئية لظهورها . ويتبع ظهور هذه الأحياء الدقيقة ظهور الحيوانات المفصليات الأرجل التى تتغذى عليها .

خامسا - تأثير العوائل النباتية والظروف المناخية على توزيع فطريات سطوح الأوراق :

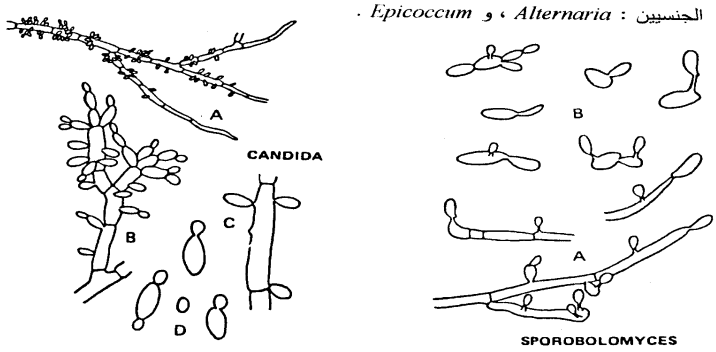
وجد (Last (1955 بعض عشائر الفطريات الهيفية والخمائر لأنواع من الأجناس : *Bullera* ، و *Sporobolomyces* ، و *Tilletiopsis* ، و *Cladosporium* على سطوح أوراق النجيليات . كما وجد (Menna (1959، 1971 أنواعا من الخمائر على سطوح أوراق بعض الحشائش ؛ مثال ذلك خمائر من الأجناس : *Sporobolomyces* ، و *Rhodotorula* ، و *Cryptococcus* ، بالإضافة إلى فطرى : *Cladosporium herbarum* ، و *Aureobasidium pullulans* .

وتظهر أيضا على سطوح أوراق النباتات بعض أنواع الفطريات التابعة للجنسين *Fusarium* ، و *Cephalosporium* ، وبعض الفطريات المكونة للأوعية البكنيدية ؛ مثل الفطر *Myrothecium* spp. الذى يسبب التسمم الميروثيسى myrothecitoxiosis، والفطر *Pithomyces chartarum* الذى يسبب إكزيما الوجه فى الحيوانات facial eczema .

كما عزل (Stott (1971 بعض المترممات من على سطوح أوراق البنجر ، كان أكثرها انتشارا الفطريات : *Cladosporium cladosporioides* ، و *Aureobasidium pullulans* . بينما كانت الفطريات *Alternaria chartarum* و *Botrytis cinerea* و *Epicoccum nigrum* ، و *Phoma* spp. أقل انتشارا . ولقد وجد Sharma & Mukerji (1972) فطريات أخرى على سطوح أوراق القطن ، هى : *Alternaria* spp. ، و *Fusarium* spp. ، و *Fusidium viride* ، و *Cladosporium herbarum* ، و *Stachybotrys* spp. ، و *Memnoniella* spp. ، و *Candida albicans* .

وفى دراسة للمؤلف (Ahmed, 1983) تم تقدير العشائر الفطرية والخمائر النامية على سطوح أوراق نباتات الشعير النامية فى حقول بمنطقة Weende بمدينة جوتنجن بألمانيا خلال موسمين زراعيين ، وكانت أكثر الفطريات الهيفية شيوعا تتبع الجنس *Cladosporium* (٧٠ - ٩٠ ٪ من إجمالى الفطريات) ، تليه الفطريات : *Aureobasidium pullulans* ، و *Epicoccum purpurascens* ، و *Alternaria alternata* ، بينما ظهرت فطريات أخرى بنسب متفاوتة ، مثل : *Stemphylium* و *Botrytis* ، و *Trichoderma* ، و *Penicillium* .

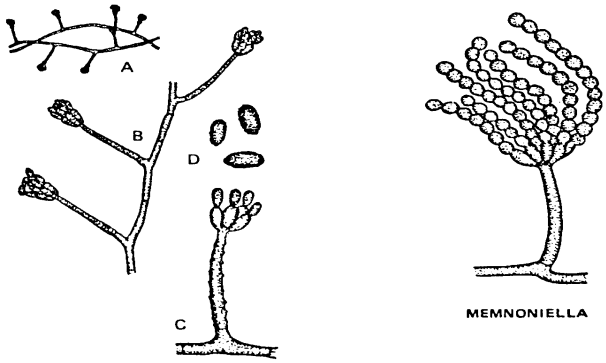
ولقد وجد كثير من الباحثين أن الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Cladosporium* من أكثر الفطريات شيوعاً على سطوح الأوراق فى المنطقة المعتدلة ؛ حيث وجد Mc Bride & Hayes (1977) نسبة تصل إلى ٨٠ ٪ من هذا الفطر على سطوح أوراق أشجار اللاركس (من أشجار الفصيلة الصنوبرية) ، كما وجد Fokkema (1978) أن معظم فطريات سطوح أوراق النباتات النجيلية تتبع هذا الجنس ، بالإضافة إلى فطريات أخرى مثل *Aureobasidium pullulans* . وكذلك وجد Hirst & Stedman (1963) نسبة عالية من أنواع الجنس *Cladosporium* ، بالإضافة إلى فطريات تتبع الجنسيين : *Alternaria* ، و *Epicoccum* .



شكل (٥ – ٦) : بعض الخمائر التى تنمو على سطوح الأوراق .

وينمو الفطر *Aureobasidium* عادة عن طريق التبرعم مشابها فى ذلك الخمائر بينما نموه الميسليومى محدود (شكل ٥ – ٨) . وقد يعاد توزيع الخلايا المتبرعمة فى غشاء الرطوبة على سطوح الأوراق ، أو عن طريق قطيرات طرطشة الأمطار .

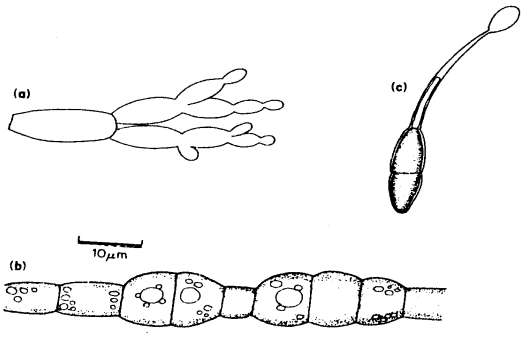
وقد تنبت كونيديات الفطر *Cladosporium* منتجة كونيديات ثانوية محمولة على أنابيب إنبات قصيرة (شكل ٥ – ٨) ، بينما تستكمل بعض أنابيب الإنبات نموها مكونة هيفات مقسمة ومتفرعة . وتتميز هذه الكونيديات التى يكونها الفطر *Cladosporium* بأنها جافة ، وعندما تتحرر فإنها تتعلق فى الهواء وتصبح قاطنة له air-borne conidia .



شكل (٥ - ٧) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق.

ويستكمل الفطران السابقان جزءا كبيرا من دورة حياتهما على سطح الورقة ، ثم يكونان طورهما الجنسى - أجسام ثمرية أسكية ascocarps - خلال فصل الربيع على أوراق الأشجار المتساقطة على سطح الأرض ، والتى مضى عليها فصل الشتاء فى المناطق المعتدلة .

ويتميز الفطران *Aureobasidium* و *Cladosporium* بتأقلمهما الجيد للحياة تحت الظروف الصعبة على سطوح الأوراق . فعلى سبيل المثال ، يزداد سمك جدر الهيفات الفطرية بسرعة متحولة إلى اللون الداكن نتيجة ترسيب صبغة الميلانين melanin ، حيث يعمل ذلك على بقاء هذه الهيفات الداكنة محتفظة بحيويتها ؛ حتى عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية المصاحبة لأشعة الشمس . كما يساعد هذا اللون الداكن على حماية هيفات الفطر من الجفاف ، ويجعلها أكثر مقاومة للتحلل البكتيرى .



شكل (٥ – ٨) : a = خلايا الفطر *Aureobasidium* تتبرعم بما يشبه الخميرة .
b = جراثيم كلاميدية لفطر *Aureobasidium* على سطوح الأوراق .
c = كونيدة نابته للفطر *Cladosporium* منتجة كونيدة ثانوية .

وينتج الفطر *Aureobasidium* جراثيم كلاميدية سميكة الجدر داكنة اللون عديدة الخلايا ، توجد فى سلاسل أو تجمعات (شكل ٥ – ٨) ، بينما ينتج الفطر *Cladosporium* أجساما حجرية صغيرة microsclerotia تحتوى على عديد من الجسيمات الصغيرة التى يتكون كل منها من ١٠ – ١٠٠ خلية ، ويحاط كل جسم حجرى بطبقة خارجية من الخلايا سميكة الجدر داكنة اللون ، تحتوى على نسبة عالية من مادة الميلانين .

وتنبت هذه الأجسام الحجرية الصغيرة تحت الظروف المناسبة ، منتجة حزمة من الحوامل الكونيدية التى تحمل أعدادا كبيرة من الكونيديات . وتعتبر هذه الكونيديات مصدرا للقاح الذى ينتشر بعد ذلك إلى أوراق أخرى جديدة .

وعلى العكس مما سبق ، لا تظهر الخمائر التابعة للجنس *Sporobolomyces* ميلا للبقاء فى الظروف غير المناسبة ؛ مثل انخفاض الرطوبة النسبية . فعلى سبيل المثال تختفى نموات هذه الخمائر عندما تصل الرطوبة النسبية إلى ٦٥٪ ، ولكن عندما ترتفع الرطوبة مرة أخرى يزداد نمو وانتشار هذه الخمائر على سطوح الأوراق ثانية ، خاصة الأوراق المظللة .

وفى المناطق المعتدلة التى يسود فيها الجو الدافئ الرطب ، تصاب النباتات أحيانا بحشرات المن التى تفرز ندوة عسلية على الأوراق ، تنمو عليها فيما بعد فطريات العفن السوداء sooty moulds . وتظهر هذه النموات الفطرية السوداء التى تشبه الهباب على سطوح الأوراق ، وخاصة أوراق أشجار الليمون الحامض .

ومن أهم الفطريات التى تنمو على الندوة العسلية لحشرة المن ، فطرا *Cladosporium* و *Aureobasidium* ، حيث تنمو الهيفات الفطرية بغزارة على السكريات الثلاثية trisaccharide melezitose كمصدر كربوهيدراتى مناسب ، كما تنمو هذه الهيفات على مخلفات المن والبقايا الحشرية المتحللة .

وتظهر فطريات العفن السوداء السابقة أيضا على أوراق الأشجار المنتشرة فى المناطق المناخية الاستوائية ، كما فى غابات الأمازون وبعض الغابات الأخرى فى قارتى أفريقيا وأستراليا ، وفى منطقة البحر الكاريبى . ومن الفطريات الأخرى التى توجد ضمن هذه الفطريات السوداء أنواع من الأجناس التابعة للعائلتين Capnodiaceae و Chaetothyriaceae ، حيث تنمو هيفات هذه الفطريات بكثافة عالية مكونة شكلا شبكيا على سطوح الأوراق ، بالإضافة إلى كونيديات وفيرة وأجسام ثمرية أسكية .

وهناك أبحاث أخرى أجريت لدراسة فطريات سطوح الأوراق فى المنطقة تحت الاستوائية ؛ حيث وجدت سيادة لعشائر فطرية أخرى على سطوح أوراق النباتات النامية . فعلى سبيل المثال ، درس عبدالفتاح واخرون (١٩٧٧) فطريات سطوح أوراق الفول المزروع فى الواحات الداخلة والخارجة بصحراء مصر الغربية ؛ حيث وجدا عديدا من الأنواع التابعة للجنس *Aspergillus* (خاصة الفطر *A. fumigatus*)؛ إذ وصلت نسبة وجوده إلى حوالى ٨٠ ٪ من أجمالى فطريات سطوح الأوراق . كما وجدت فطريات أخرى بنسب متفاوتة ؛ مثل : *Alternaria alternata* (بنسبة ٥ ٪) ، و *Curvularia spicifera* (بنسبة ٥ ٪) ، بينما لم تتعد نسبة وجود الفطر *Cladosporium herbarum* ٢,٣ ٪ فقط .

وفى دراسة أخرى وجد عبدالحافظ (١٩٨١) فى دراسته لفطريات سطوح أوراق القمح بالمملكة العربية السعودية أن نسبة وجود الأنواع التابعة للجنس *Cladosporium* كانت حوالى ٣٧ ٪ ، بينما كانت نسبة أنواع الجنس *Aspergillus* حوالى ٢٠ ٪ ، وكانت نسبة الأنواع التابعة للأجناس : *Alternaria* ١٤٪ و *Penicillium* ١٢ ٪ ، و *Curvularia* ١,٧ ٪ و *Epicoccum* ١,٢ ٪ .

وكذلك وجـدت خيرية (١٩٧٨) فى دراسة لها على فطريات سطوح أوراق القمح (فى أسـيوط بمصر) نسبة عاليـة من الفطـريات : *Cladosporium herbarum*، و *Aspergillus fumigatus* ، و *Alternaria alternata* ، بالإضافة إلى أنواع تابعـة للجنس *Penicillium* .

وأيضا درس عبدالوهاب (١٩٧٥) فطريات سطوح أوراق نباتات القطن وبعـض أصناف الموالح المزروعة فى مصر ؛ حيث وجـد أنواعا من الجنسين *Aspergillus*، و *Penicillium* سائدة على غيرها من الفطريات ، بينما كان الفطـران *Alternaria alternata* و *Cladosporium herbarum* قليلى الانتشار .

وفى بحث للمؤلف مع آخر (Ahmed & Saleh, 1987) تمت دراسة تتابع عشائر فطريات وبكتيريا سطوح أوراق الطماطم بمزرعة كلية الزراعة – جامعة عين شمـس بشبرا خلال مراحل نمو النبات المختلفة . ولقد أظهرت النتـائج أن أكـثر الفطريـات شيوعا هى *Cladosporium herbarum* ؛ وكـانت نسـبته ٢٨,١ ٪ مـن إجمـالى الفطريات، بينما كانت الأنواع التابعة للجنـس *Aspergillus* والجنـس *Penicillium* موجودة بنسبة ٣٤,١٪ و ١٠,٤٪ على الترتيب .

وأظهرت النتائج السابقة وجـود فطـريات أخرى على سطوح أوراق الطمـاطم ؛ مثل : الفطـر *Alternaria alternata* (٦ ٪) ، والفطـر *Acremonium strictum* (٦.٦ ٪) ، بالإضافـة إلـى فطريـات *Scopulariopsis brevicaulis* ، وفطـر *Ulocladium botrytis* بنسب متفاوتة .

كما تباين انتشار العشائر الفطرية السابقة بالنسبة إلـى المجمـوع الكلـى لعشـائر فطريات سطوح الأوراق تبعا لمرحلـة نمو نبات الطماطم ؛ حيث بلغ نسـبة وجـود الجنـس *Aspergillus* ٢٥,٦ و ٢٨,٤ و ٢٥,٢ و ٥١,٤ ٪ بالنسـبة إلـى إجمـالى الفطريـات فى مرحلـة البادرات والإزهـار والإثمار والشيخوخـة على الـترتيب ، فى حين كان الفطر *Cladosporium herbarum* يمثل ٥٢,٤ ٪ و ٥٠,٧ ٪ من إجمالى الفطريـات على سطوح أوراق الطماطم فى مرحلتـى البـادرات والإزهـار ، ثـم انخفضت هذه النسبة بعد ذلك إلى ٢٩,٠ و ٣,٢ ٪ فى مرحلتى الإثمار والشيخوخة على الترتيب.

وفى دراسة أخرى للمؤلف (Ahmed, 1988 a) تم خلالها دراسة سلوك فطريات سطوح أوراق الذرة الشامية المزروعة فى حقول كفر الزيات بمحافظة الغربية مصر ،

حيث تم جمع عينات أسبوعية خلال صيف عام ١٩٨٥ . وعوملت أوراق الذرة في محلول الأسيتون في حمام مائي للتخلص من الكلوروفيل ، ثم صبغت باللاكتوفينول المضاف إليه صبغة أزرق القطن lactophenol - cotton blue ، وفحصت العينات ميكروسكوبيا .

وأظهرت هذه الدراسة انتشار فطريات داكنة اللون على عروق الأوراق عنها على باقي نصل الورقة . ولقد اختلفت حجم المستعمرات الفطرية المتكونة تبعا لنوع الفطر وعمر المستعمرة ؛ حيث تراوحت بين ٠,٠١٨ و ٠,٢٥ ملليمتر مربع .

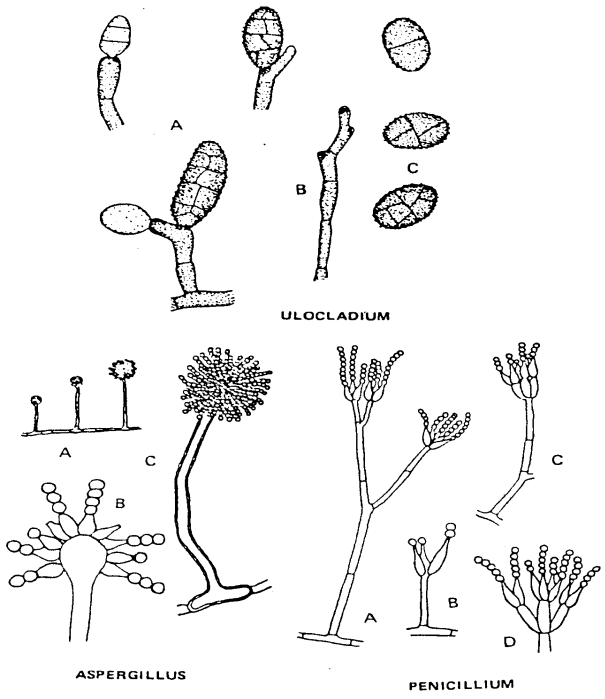
ولقد وجد أن الفطر *Aureobasidium pullulans* من أوائل الفطريات التي تنمو على سطوح أوراق الذرة الشامية ، يلية الفطر *Cladosporium cladosporioides* و *C. herbarum* ، بالإضافة إلى أنواع من الفطر *Fusarium* . ووجدت هذه الفطريات على سطحي الأوراق كجراثيم في بادئ الأمر ، ثم كنمو ميسليومي بعد ذلك .

كما ظهرت خلايا الفطر *A. pullulans* متبرعمة في خلايا تشبه خلايا الخميرة على سطوح أوراق الذرة الشامية ، وأيضا تكونت هيفات قصيرة . وتبع ظهور هذه النموات الفطرية تكوين جراثيم كلاميدية داكنة اللون ، تتجمع مع بعضها مكونة أجساما حجرية دقيقة microsclerotia ؛ حيث أطلق Pugh & Buckley (1971) على هذه التراكيب اسم Fumagoid .

ولقد تم تعريف عديد من الفطريات على السطح العلوي لأوراق الذرة الشامية ، مثال ذلك : فطريات *Stemphylium* spp. ، وفطر *Epicoccum* spp. ؛ حيث أطلق عليها Ruscoe (1971) اسم " epiphyllous phyllosphere " . وأيضا شوهدت نموات هيفية وحوامل كونيدية وكونيديات للفطريات *C. herbarum* و *C. cladosporioides* و *E. purpuranscens* و *A. alternata* على سطوح أوراق الذرة الشامية خلال موسم النمو .

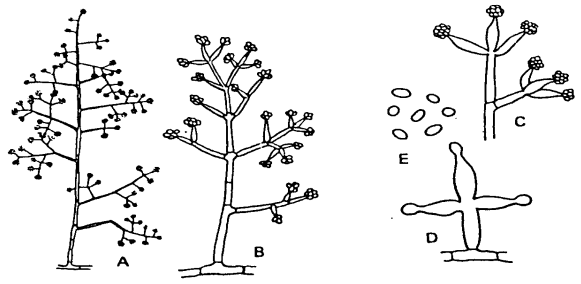
وفي هذه الدراسة (Ahmed, 1988 a) شوهدت فطريات أخرى ولكن بنسبة أقل ؛ مثال ذلك فطريات : *Aspergillus niger* ، و *A. ochraceous* ، *Penicillium* spp. ، و *Botrytis* spp. ، و *Martensella* spp. ، و *Stemphylium* spp. ، و *Drechslera maydis*، و *Trichoderma* sp.، و *Rhizopus nigricans*.

كما لوحظت زيادة أعداد هذه العشائر الفطرية مع تقدم النبات فى العمر ؛ حيث وصلت إلى أقصى حد لها عند شيخوخة أوراق الذرة الشامية .



شكل (٥ - ٩) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق.

وتوضح الدراسات السابقة أنه فى الظروف تحت الاستوائية تسود عشائر الفطريات التابعة للجنسين *Aspergillus* و *Penicillium* أكثر من عشائر الجنس *Cladosporium* ؛ الذى ينتشر أكثر على سطوح أوراق النباتات النامية فى ظروف البيئة المعتدلة ، ففى المناطق الجافة الحارة تسود الفطريات المتحملة لهذه الظروف على سطوح الأوراق ، مثال ذلك : الفطريات التابعة للجنسين *Aspergillus* و *Penicillium* ، بينما يثبط نمو الفطريات الأخرى (Dickinson, 1967) .



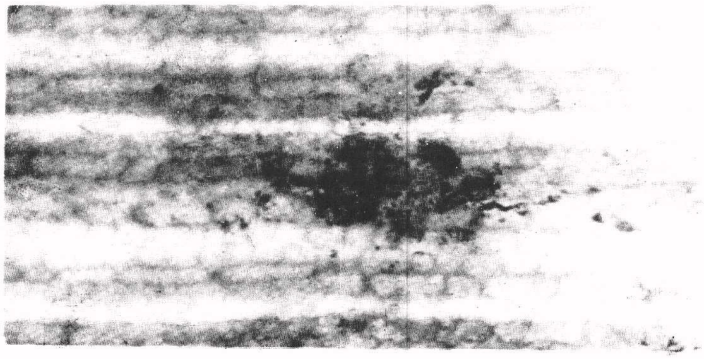
شكل (٥ - ١٠) : الحوامل الكونيدية (A . B) الحاملة لكونيديات الفطر *Trichoderma* ، بينما يوضح C . D القارورات المنتجة للكونيديات ، E كونيديات وحيدة الخلية.

ومن ناحية أخرى يقل انتشار الخمائر على سطوح الأوراق للنباتات النامية فى المناطق تحت الاستوائية من العالم ، بينما تنتشر هذه الخمائر على سطوح أوراق النباتات النامية فى المناطق المعتدلة .

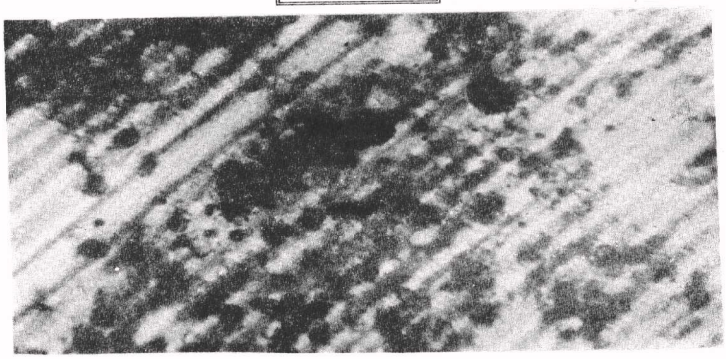
ولقد وجد المؤلف (Ahmed, 1983) فى دراسته لخمائر سطوح أوراق الشعير فى ألمانيا أن الخمائر البيضاء *Candida hordei* و *Cryptococcus* spp. تنتشر بوفرة ، بينما ظهرت الخميرة الحمراء *Sporobolomyces roseus* بنسبة أقل ، وكانت الخميرة البرتقالية *Bullera aurantiaea* قليلة الانتشار .

أما فى المناطق تحت الاستوائية ، فلقد وجد عبدالوهاب (١٩٧٥) ان نسبة انتشار الخمائر على سطوح أوراق نباتات القطن فى مصر لا تتعدى ٣,٩ ٪ ، وأرجع ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض رطوبة الجو ؛ حيث يثبط ذلك نمو الخمائر .

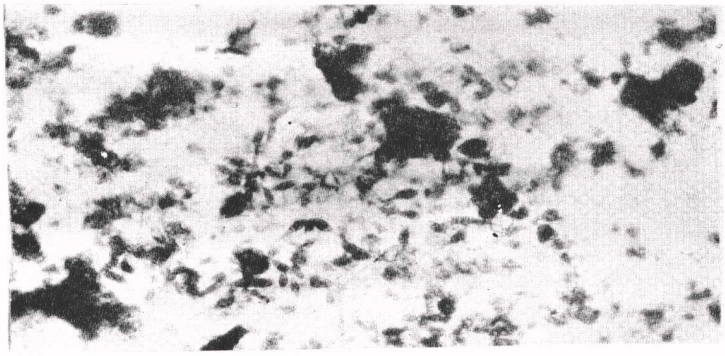
وكذلك وجد المؤلف واخرون (Raafat et al, 1988) ان نسبة وجود عشائر الخمائر الحمراء *Sporobolomyces roseus* والبيضاء *Cryptococcus magnus* على سطوح أوراق القمح المنزرع فى مزرعة شلقان بمحافظة القليوبية بمصر قليلة للغاية ، بالمقارنة بالفطريات الهيفية .



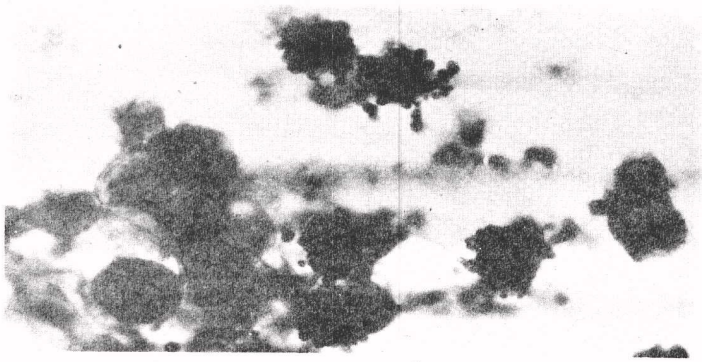
صورة (٥ – ١١) : تراكيب لجسيمات حجرية صغيرة . (microsclerotia (fumagoid للفطر *Aureobasidium pullulans* على سطح ورقة الذرة الشامية (تكبير ١٥٠ ضعفا) .



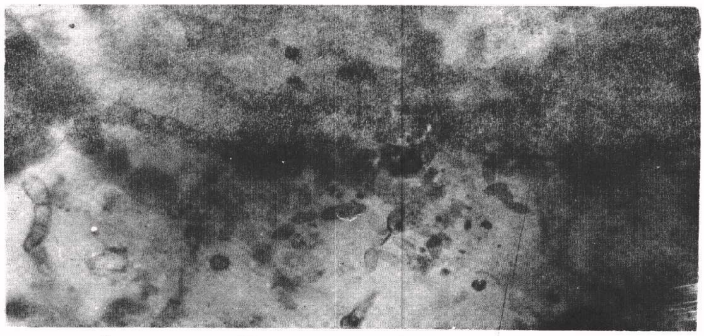
صورة (٥ – ١٢) : عشائر لفطريات داكنة اللون على طول عـروق الأوراق للسـطح العلـوى لورقة الذرة الشامية (تكبير ٤٨ ضعفا) .



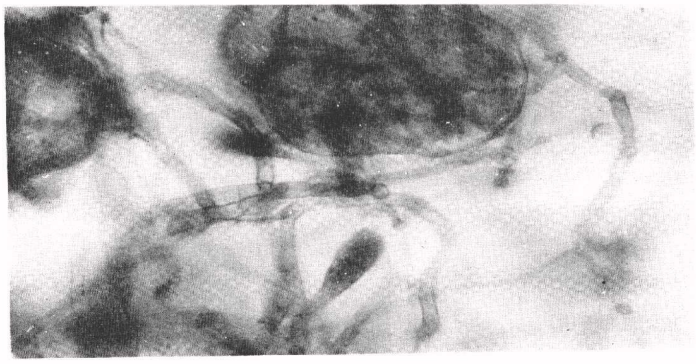
صورة (٥ – ١٣) : جراثيم الفطر *Alternaria alternata* والفطر *Stemphylium* sp. علـى السطح العلوى لورقة الذرة الشامية (تكبير ١٥٠ ضعفا) .



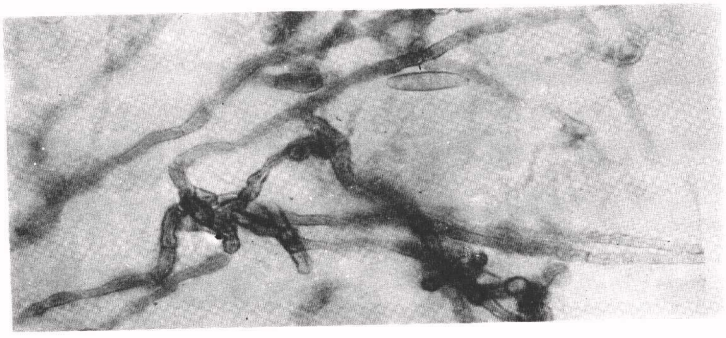
صورة (٥ – ١٤) : تجمعات من حبوب اللقاح ينمو عليها فطر *Epicoccum purpurascens* على السطح العلوى لورقة الذرة . لاحظ تكوين كويمات كونيدية للفطر على حبوب اللقاح (تكبير ١٥٠ ضعفا) .



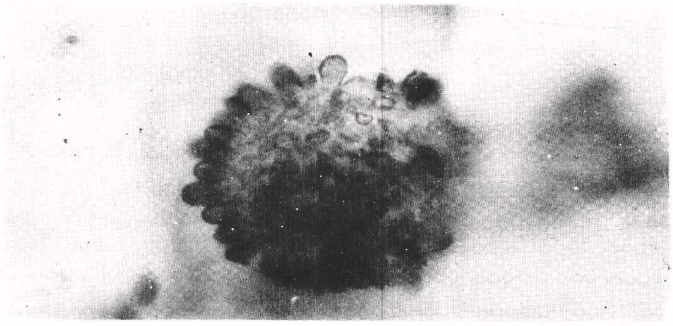
صورة (٥ – ١٥) : نمو ميسليومى وكونيديات الفطر *Cladosporium herbarum* على سطح ورقة الذرة الشامية (تكبير ٦٠٠ ضعف) .



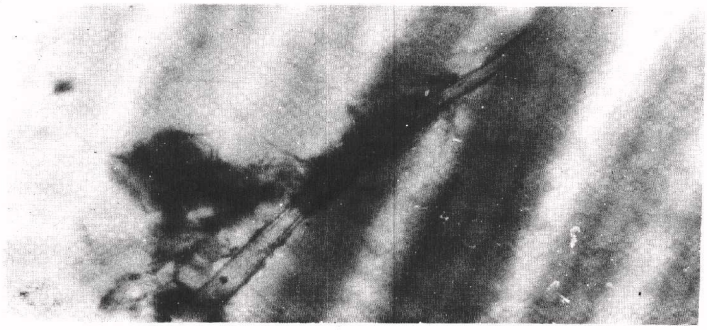
صورة (٥ – ١٦) : نمو ميسليومى وكونيديات مبعثرة للفطر *Alternaria alternata* على حبوب اللقاح على السطح العلوى لورقة الذرة الشامية (تكبير ٦٠٠ ضعف) .



صورة (٥ – ١٧) : نمو ميسليومى وكونيديات مبعثرة للفطر *Helminthosporium* sp. على السطح العلوى لورقة الذرة الشامية (تكبير ٦٠٠ ضعف) .



صورة (٥ – ١٨) : كويمة كونيدية ناضجة mature sporodochium للفطر *Epicoccum purpurascens* على السطح العلوى لورقة الذرة الشامية (تكبير ٦٠٠ ضعف) .



صورة (٥ – ١٩) : شعيرة من أوراق الذرة الشامية مغطاة بنمو ميسليومى للفطر *Cladosporium* sp. (تكبير ١٥٠ ضعفا) .

وفسر Fokkema (1977) هذه المشاهدات على أساس احتياج هذه الخمائر الى رطوبةٍ نسبيةٍ عاليةٍ ، تتراوح بين ٨٥ ٪ و ٩٥ ٪ ؛ حيث تتضاعف عددها كل ثلاثة أيام ، فإذا انخفضت الرطوبة الجوية إلى ٧٥ ٪ قل النمو ، وعند ٦٥ ٪ رطوبة نسبية وحرارة ٣٢°م تقل أعداد هذه الخمائر إلى أدنى حدٍّ .

سادساً ـ طرق دراسة الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق:

هناك عديد من الطرق المستخدمة فى دراسة الأحياء الدقيقة النامية طبيعيًّا على سطوح الأوراق، ولكن من الصعب تفضيل طريقةٍ على أخرى ؛ حيث إن اختيار الطريقة المناسبة للدراسة يتوقف على طبيعتها ؛ سواء أكانت كمية أم نوعية ، وعلى طبيعة سطح العضو النباتى تحت الدراسة ، ونوع الأحياء الدقيقة المراد دراستها ، وغير ذلك من عوامل .

كما تلعب الظروف الخارجية دورا كبيرا فى انتشار الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق ؛ وبالتالى على اختيار الطريقة المناسبة لدراستها . ومن الظروف الخارجية المؤثرة على هذا الانتشار : الحرارة ، والإشعاع الضوئى ، و سرعة الرياح ، ومعدل سقوط الأمطار وكمياتها ، ومعدل التلوث بالمواد الكيميائية ، وغير ذلك من عوامل خارجيةٍ .

ولعل أكثر الطرق استخداما فى دراسة هذه الأحياء الدقيقة .. طريقة التخفيف والإنماء على سطح بيئة الاجار dilution plate technique (Dickinson, 1971) . وتتميز هذه الطريقة بعد الأجزاء الحية للكائنات الدقيقة viable propagules فى العينة الورقية تحت الدراسة ، والتى تناظر عدد المستعمرات الميكروبية المتكونة على سطح بيئة الاجار فى الأطباق البترى .

ويلاحظ – فى هذه الطريقة – أن المستعمرات الميكروبية المتكونة على سطح بيئة الاجار بعيدة بعضها عن بعض ، ولا تتأثر بما حولها من مستعمرات أخرى ، وهذا لا يشابه طبيعة النمو المتداخل لعشائر الكائنات الحية الدقيقة النامية طبيعيا على سطوح الأوراق ؛ حيث يشجع بعضها نمو البعض الآخر ، بينما تثبط بعض هذه الأحياء الدقيقة غيرها من الأحياء الدقيقة الأخرى .

ومن أهم طرق دراسة هذه الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق :

١ – طـــريقـــة غـــسيل سطـــح العينات النباتيـــة

Surface washed explants (Dickinson, 1967) .

٢ – طريقة البصمة الورقية (Potter, 1910) Leaf impression technique .

٣ – طريقة هرس العينة النباتية (Leben, 1971) Maceration technique.

٤ – طريقة الفحص المباشر لسطوح النبات .

Direct examination of plant surfaces (Beech & Davenport, 1971) .

٥ – طريقة الفحص غير المباشر لسطوح النبات .

Indirect examination of plant surfaces (Mc Coy & Dimock, 1971) .

٦ – طريقة غرفة الرطوبة (Dickinson, 1967) Moist chamber technique .

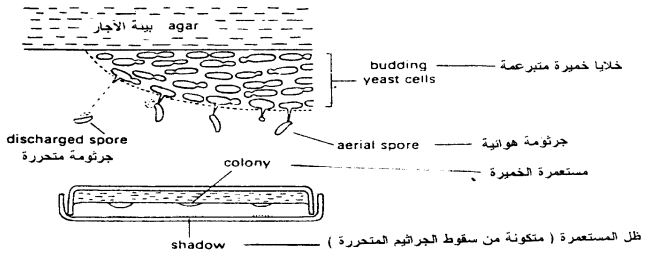
٧ – طريقة تساقط الجراثيم (Last, 1955 a) Spore-fall method .

٨ – طريقة المصـــايـــد (Sparrow, 1960) Baiting technique .

٩ – طريقة استخدام بيئات متخصصة (Tsao, 1970) Using selective media .

١٠– طريقة التنمية (Hudson & Webster, 1958) Culture method .

ويحدد نوع الأحياء الدقيقة المراد دراستها اختيار إحدى الطرق السابقة للدراســـة ؛ فعلى سبيل المثال تستعمل طريقة غرفـة الرطوبـــــة moist chamber technique لدراسة وعزل الفطريـــات اللزجة myxomycetes من الأعضاء النباتيـــة المتعفنـــة ، وأيضا لتشجيـــع نمو الفطر *Helminthosporium* على الأوراق . بينمـــا تستخـــدم طـــريقـــة ســـقوط الجـــراثيم Spore-fall method لدراســـة وعزل الخمـــائر التـــى تقـــذف جراثيمـــها بقـــوة ؛ مـــــثال ذلـــك : الخمـــائر التابعـــة للعائلـــة Sporobolomycetaceae. وأيضـــا بعـــض الأنـــواع التابعـــة للجنـــس الفطـــرى *Cladosporium* ، بينما تستخـــدم طريقـــة المصـــايد Baiting technique لعـــزل ودراسة الجراثيم الهدبية .



شكل (٥ – ٢٠) : فطر الخميرة من الجنس *Sporobolomyces* ، يوضح الشكل السفلى طبق بترى فى وضع معكوس ، يحتوى على بيئة الاجار ، تنمو عليها مستعمرات من الخميرة السابقة ، بينما يتكون على غطاء الطبق البترى من الداخل صورة بالمرآة تقابل مستعمرات الخميرة النامية على بيئة الأجار تتكون من سقوط الجراثيم البازيدية المتحررة ، بينما يوضح الشكل العلوى جزءا مكبرا من مستعمرة الخميرة ، حيث تنمو خلاياها متبرعمة فى نمو لزج ، بينما تكون الخلايا السطحية ذنيبات sterigmata تحمل عليها جراثيم بازيدية هوائية aerial basidiospores تقذف بقوة ، حيث تسقط إلى أسفل على غطاء الطبق البترى مكونة ظل للمستعمرة أو صورة بالمرآة لها .

سابعا ـ التقدير الكمى لفطريات سطوح الأوراق :

تستخدم – عادة – طريقة التخفيف والإنماء على سطح بيئة الأجار dilution plate method (Dickinson, 1971 ; Lindsey, 1976) لتقدير أعداد وأنواع الفطريات الهيفية والخمائر الموجودة على سطح أوراق النباتات ؛ حيث تعتمد هذه الطريقة على تكوين معلق من الجراثيم والقطع الهيفية لهذه الأحياء الدقيقة المراد دراستها .

ويضاف – عادة – نقطة واحدة من مادة ناشرة (مثل Tween 80) إلى الماء المقطر المعقم المستخدم فى عمل معلق الوحدات المكروبية microbial propagules ؛ حيث يتم رج الأوراق لتحرير هذه الوحدات الميكروبية ؛ مكونة معلقا يجرى تخفيفه

تبعا لدرجة تركيز الوحدات الميكروبية فيه ؛ وذلك باستخدام انابيب تحتوى على ماء مقطر معقم .

ويؤخذ – عادة – ٠,١ ملليلتر من اخر تخفيف لهذا المعلق الميكروبى، وينشر على سطح بيئة اجار مناسبة ، ثم يترك لتنمو هذه الوحدات الميكروبية مكونة مستعمرات يمكن عدها والتعرف عليها بعد فترة تحضين كافية تحت ظروف مناسبة ، ثم ينسب أعداد هذه الأحياء الدقيقة إلى وحدة مساحة عينة الأوراق المستخدمة فى الدراسة .

وتعطى هذه الطريقة صورة تقريبية عن كثافة عشائر الاحياء الدقيقة على سطوح أوراق النبات ، ولكن لا يمكن التوصل إلى الأعداد الحقيقية لهذه الاحياء الدقيقة . وعلى الرغم من ذلك يمكن مقارنة النتائج المتحصل عليها لدراسة تأثير بعض العوامل الخارجية على أعداد وأنواع هذه العشائر الميكروبية ، وكذلك طبيعة العلاقة بين هذه الأحياء الدقيقة وسطوح النبات .

ويلاحظ فى هذه الطريقة أن رج أوراق النباتات فى الماء لا يؤدى إلى تحرر جميع الأحياء الدقيقة فى محلول الرج ، بل تظل نسبة ملتصقة بسطح الأوراق حتى لو أضيفت مادة ناشرة مثل Tween 80 (Parbery et al., 1981) .

ويستعمل – عادة – ناشر زجاجى لتوزيع معلق وحدات الأحياء الدقيقة على سطح بيئة الاجار ، ويؤدى ذلك إلى فقد عدد غير معلوم من الوحدات الميكروبية؛ مما يؤثر على العدد النهائى المتحصل عليه من المستعمرات الميكروبية على سطح بيئة الاجار (Ahmed, 1983) .

ويعيب هذه الطريقة عدم إمكانية تحديد مصدر المستعمرات الميكروبية النامية على سطح الأوراق ؛ سواء أكانت من السطح العلوى epiphyllous phyllosphere ، أم السطح السفلى hypophyllous phyllosphere ، وأيضا موقع هذه الأحياء الدقيقة على سطح نصل الورقة . وحيث إن الوحدات الميكروبية الساكنة غير تامة النضج ولا تكون مستعمرات ميكروبية على سطح بيئة الاجار ، فإنه يغفل ذكرها ، وكذلك الأحياء الدقيقة التى لا تناسبها البيئة المستعملة ولا ظروف التحضين ؛ فتكون مستعمرات صغيرة ربما لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة .

وقد تشترك أكثر من وحدة ميكروبية microbial propagule فى تكوين مستعمرة

واحدةٍ على سطح بيئة الاجار ؛ مثال ذلك كونيديات متجمعة ، أو قطع هيفية متعددة ، أو مجموعة من الكونيديات والقطع الهيفية لنفس الفطر ؛ وهذا يعنى أن عدد المستعمرات المتكونة على سطح بيئة الاجار يقل كثيرا عن عدد تلك الوحدات الميكروبية فى المعلق ، والذى يقل - بدوره - عن العدد الحقيقى على سطح الورقة .

وكذلك لا يمكن معرفة نوع الوحدة الفطرية المكوّنة للمستعمرة على سطح بيئة الاجار ؛ فقد تكون كونيدة ، أو جزءا هيفيّا ، أو غير ذلك ؛ تبعا لنوع الكائن الحى الدقيق تحت الدراسة ؛ لذلك يستخدم المصطلح " وحدة فطرية propagule "أو " الوحدة المكوّنة للمستعمرة (colony forming unit (CFU " (Fokkema, 1981) .

ويتبع - عادةً - استخدام بيئة ذات محتوى غذائىّ قليل ؛ مثال ذلك بيئة " جُوفى " Joffe medium (Joffe, 1963) لإنماء المستعمرات الفطرية ؛ حيث يتبع تحضين هذه الأطباق على درجة حرارة ١٦°م ، وتُعرّض للأشعة فوق البنفسجية (الضوء المعتم) ؛ وذلك بغرض تحديد حجم المستعمرة الفطرية ودفع الفطر للتجرثم ؛ مما يسهل التعرف عليه قبل أن تتداخل المستعمرات الفطرية المتكونة .

ثامناً - مصدر فطريات سطوح الأوراق :

تعمل الأوراق الحية للنباتات الحولية والأشجار كمصايد للفطريات القاطنة للهواء (air - borne fungi) ؛ حيث تتساقط عليها الوحدات الفطرية fungal propagules ؛ مثل الجراثيم بمختلف أنواعها ، والقطع الهيفية ؛ وذلك عن طريق الترسيب بواسطة الجاذبية الأرضية deposited by gravity ، وعن طريق تبادل طبقات الهواء boundary layer exchange ، والتصادم impacting ، وكذلك عن طريق قطرات الأمطار وطرطشة الماء water splash .

وتتميز جراثيم الفطريات القاطنة للهواء بأنها عادة جافة ، ذات جدار خشن أو ذى أشواك ، كما أن هذه الجراثيم سهلة الانفصال عن حواملها . ومن الأمثلة النموذجية لمثل هذه الجراثيم ، الجراثيم اليوريدية urediospores لفطريات الأصداء، حيث يعمل سقوط الأمطار على غسل هذه الجراثيم المعلقة فى الهواء .

وتتميز الجراثيم التى تنتقل عن طريق طرطشة الأمطار بأنها رطبة أو لزجة، كما أن تأقلم هذه الجراثيم على مقاومة الترسيب فى المعلق المائى أقل من الفطريات المائية . بينما تتميز الجراثيم التى تترسب على سطوح الأوراق عن طريق التصادم بكبر حجمها ، مثال ذلك كونيديات فطريات البياض الدقيقى ، والأكياس الإسبورانجية لفطريات البياض الزغبى ، بعكس الحال فى الجراثيم المنتشرة بواسطة طرطشة الأمطار ، فهى صغيرة الحجم ، كروية الشكل .

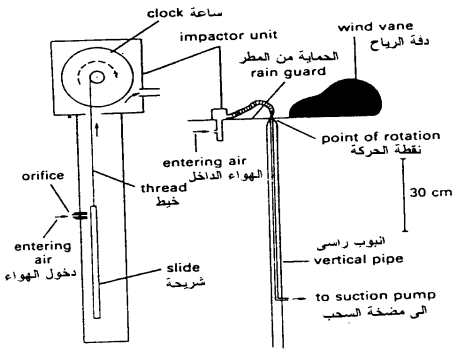
ومعظم الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق عبارة عن أفراد تتبع الخمائر المحبة للظل shadow yeasts التابعة للعائلة Sporobolomycetaceae ، حيث تنتج هذه الخمائر جراثيم دقيقة الحجم قاطنة للهواء .

ويعتبر سطح الورقة مصيدة نموذجية لجراثيم الهواء ، وذلك راجع إلى أن أنصال الأوراق تعترض حركة الهواء سواء أفقيا أم راسيا ، كما أن سطوح الأوراق تكون عادة جافة أو رطبة ، ملساء أو مغطاة بشعيرات دقيقة ، لامعة أو مطفية ، مغطاة بطبقة شمعية أو غير مغطاة .

ونتيجة لما سبق ، لا تلتصق جميع الوحدات الفطرية التى تتساقط على سطوح الأوراق ، بل إن بعضها يفقد عن طريق حركة الهواء أو قد يغسل بمياه الأمطار . كما قد تعمل حركة قطيرات ماء الندى – فى الصباح المبكر – على إعادة توزيع العشائر الفطرية على سطوح الأوراق.

وتتميز جراثيم بعض الفطريات بأن لها مرحلتين من الية الانتشار ، فعلى سبيل المثال تعتبر الأكياس الإسبورانجية للأنواع الممرضة من الجنس *Phytophthora* ، وكذلك لبعض أجناس فطريات البياض الزغبى من رتبة Peronosporales من قاطنات الرياح wind-borne fungi ، حيث تصطدم عادة بسطوح أوراق النبات وتترسب عليها .

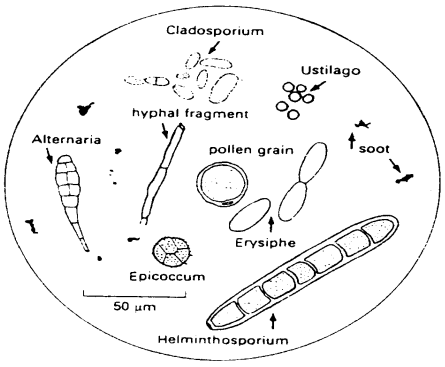
ويتم إنبات هذه الأكياس الأسبورانجية – تحت ظروف الرطوبة العالية – إنباتا غير مباشر بإعطاء جراثيم هدبية متحركة ، تسبح لفترة فى طبقة الرطوبة الموجودة على سطح الورقة . وقد يتم نقل هذه الجراثيم الهدبية إلى أوراق أخرى مجاورة عن طريق طرطشة قطيرات المطر .



شكل (٥ - ٢١) : رسم يوضح تركيب مصيدة الجراثيم القاطنة للهواء air-borne spore-trap.

وليس من المستبعد مشاهدة أية جرثومة من الجراثيم الفطرية القاطنة للهواء على سطوح الأوراق . وعند تجهيز معلق من الأحياء الدقيقة الموجودة على سطوح الأوراق ، وإنمائه على بيئة غذائية صلبة مناسبة ، فإنه تنمو عديد من الخمائر والفطريات الهيفية لأطوار ناقصة تتبع الفطريات الأسكية ، وأيضا بعض الفطريات الزيجية من رتبة الميوكورات Mucorales . وقد يتصادف مشاهدة بعض الفطريات التابعة للماستيجومايكوتات Mastigomycotina وللفطريات البازيدية Basidiomycotina نامية على سطح بيئة الاجار .

وكذلك يوضح الفحص الميكروسكوبى لبصمة سطوح أوراق النباتات أو للسلخ المصبوغ وجود أفراد من الفطريات السابقة ، وكذلك جراثيم لبعض الفطريات الأسكية والبازيدية الأخرى ، تشمل بعضا من فطريات عيش الغراب الأجاريكية agarics والثقبية polypores والمعدية gasteromycetes . ومثل هذه الفطريات لا تنمو عادة على سطح بيئة الاجار المستعملة فى دراسة فطريات سطوح الأوراق ، وقد تنمو ببطء بحيث لا تتكون مستعمرات يمكن رؤيتها بالعين المجردة .



شكل (٥ – ٢٢) : الوحـدات التى تم تجميعها من الهواء على شريحة الفحص الميكروسـكوبى من مصيدة الجراثيم السابقة كما تبدو تحت الميكروسكوب ، حيث تظهر حبوب لقاح pollen grains وقطع هيفية hyphal fragments وكتل من الـسهباب soot بالإضافة إلى أشكال مختلفة من جراثيم الفطريات

ولقد وجدت علاقة طردية بين عدد الوحدات الفطريـة الموجـودة فـى الـهواء ، وعددها على سطوح الأوراق فى نفس المكان (Moustafa, 1971) . كما وجد Last (1955 b) أعداداً كبيرة من جراثيم الفطر *Cladosporium* spp. والفطر *Alternaria* spp. فى الهواء فوق حقول النباتات النجيلية .

وأيضا وجـد (Pugh & Buckley (1977 أن أعـداد العشائر الفطريـة التابعـة للفطـر *Cladosporium* spp. كانت نادرة الوجـود علـى سـطوح أوراق أشجـار الإسفندان sycamore فى شهر مايو . أما فى شهر يوليـو فان جراثيم الفطـر كـانت موجـودة بكميات كبيـرة فى الهواء ؛ مما أدى إلى زيـادة أعدادهـا علـى سـطوح الأوراق .

ولقد وجدت جراثيم أنواع من الجنس *Cladosporium* – الشائع الانتشار على سطوح أوراق النباتات فى المناطق المعتدلة – بنسبة عالية فى هواء بعض المدن الإنجليزية ، فعلى سبيل المثال وصلت نسبته فى هواء مدينة كمبريدج Cambridge إلى حوالى ٧٩ ٪ (Hudson, 1969) ، وكانت نسبته فى مدينة نوتنجهام Nottingham حوالى ٧٣ ٪ (Pawsey & Heath, 1964) ، ووصلت نسبته إلى ٦٩,٦ ٪ فى هواء مدينة نينستيز Nine sites (Richards, 1956) ، والى ٥١,٦ ٪ فى هواء مدينة كارديف Cardiff (Hyde & Williams, 1953) .

ووجدت جراثيم هذا الفطر أيضا فى هواء مدينة هونج كونج بنسبة ٦٥,٧ ٪ (Turner, 1966) ، وفى هواء مدينة مونتريال بكندا بنسبة ٤٧,٧ ٪ (Pady & Kapica, 1956) ، ووصلت نسبته إلى حوالى ٤٤,٥ ٪ فى هواء مدينة مانهاتن Manhatten بالولايات المتحدة، وكانت نفس النسبة السابقة موجودة فى هواء مدينة بارشلونة بإسبانيا (Torras et al., 1980 a,b) .

وكانت نسبة وجود جراثيم الفطر *Cladosporium* أقل انتشارا فى هواء المناطق تحت الاستوائية ، وارتبط ذلك بالأعداد القليلة لعشائر هذا الفطر على سطوح أوراق النباتات المنتشرة فى هذه المناطق . ولقد اهتم الكثيرون بدراسة انتشار جراثيم الفطر *Cladosporium* فى هواء عديد من دول المناطق تحت الاستوائية ؛ مثال ذلك هواء مدينة القاهرة (Zaky, 1960) والإسكندرية (Saad, 1958) وأسيوط (Moubasher et al., 1971 و Moubasher & Moustafa, 1974) .

كما درس (Ali et al., 1977) انتشار جراثيم هذا الفطر فى هواء مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية ، ودرس (Moustafa & Kamell (1976 ذلك فى هواء مدينة الكويت. وفى نيجيريا درس (Darnsfield (1966 انتشار هذا الفطر فى هوائها، وأيضا درس (Sreeramulu & Seshavataram (1962 ذلك فى الهند .

تاسعا ـ بيئة سطوح الأوراق :

تسقط الوحدات الفطرية – وكذلك وحدات الأحياء الدقيقة الأخرى – على سطوح الأوراق ؛ حيث تلائم هذه البيئة الجديدة بعض هذه الأحياء دون الأخرى ؛ فتنمو فى عشائر متداخلة على سطوح الأوراق مكونة مجتمعا متوازنا من عشائر الأحياء الدقيقة .

وتعتبر سطوح الأوراق بيئة غنية بالمواد الغذائية المفرزة exudates من النبات ، بالإضافة إلى عديد من المركبات الكيميائية الناتجة من النشاط الحيوى والتمثيل الغذائى للأحياء الدقيقة المختلفة على سطوح الأوراق ؛ مثل البكتيريا المثبتة للازوت الجوى لاتكافليا . وتترسب على سطوح الأوراق عديد من المواد العضوية وحبوب اللقاح التى تمثل مصدرا غذائيا هاما للأحياء الدقيقة فى هذه البيئة ، حيث تعتبر مثل هذه الأحياء الدقيقة من المتغذيات على المركبات الكيمائية العضوية chemo-organotrophs .

وتترسب المواد العضوية السابقة – وكذلك المواد الملوثة للبيئة – على سطوح الأوراق عن طريق قطيرات الأمطار والطرطشة وهبوب الرياح . وتؤثر هذه المواد العضوية على عشائر الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق ؛ مثل : الفطريات الهيفية ،والخمائر ، والبكتيريا والأكتينوميسيتات ، بالإضافة إلى بعض أنواع الحيوانات مفصليات الأرجل .

وتؤثر فى بيئة سطوح الأوراق مجموعة من العوامل . أهمها نوع العائل النباتى الذى تنمو هذه الأحياء الدقيقة على سطحه . فعلى سبيل المثال ، يلعب تركيب بشرة النبات – خاصة الكيوتكل – دورا أساسيا على نمو الأحياء الدقيقة ؛ حيث يرجع ذلك إلى المواد الشمعية المعقدة المفرزة من خلايا البشرة (Hallam & Juniper, 1971) .

وقد يتداخل شكل طبقة الكيوتكل بطريقة غير مباشرة مع الخصائص الحيوية لسطح النبات ؛ وذلك عن طريق تأثيره على النتح الثغرى والنتح من خلال طبقة الكيوتكل . كما يؤثر تركيب طبقة الكيوتكل على حركة المواد الذائبة فى طبقة الماء الرقيقة على سطح الأوراق ، بل وعلى درجة ترطيب سطح الورقة نفسها .

وتتركب طبقة الكيوتكل من ليبيدات وشموع وكيوتين ، ويعتبر الكيوتين cutin المركب الأساسى ، وهو معقد من أحماض دهنية وأحماض دهنية هيدروكسيلية مغمورة فى طبقة من الشمع . ويدخل فى تكوين الكيوتكل سيليلوز وبكتين وبعض المركبات الفينولية المعقدة .

وتشجع بعض الشموع الداخلة فى تركيب الكيوتكل على نمو الفطريات على سطوح الأوراق، بينما هناك شموع تثبط نموها ؛ فعلى سبيل المثال، وجد (Heather (1967 أن الطبقة الشمعية التى تغطى سطوح أوراق أشجار الأوكالبتوس تؤثر على بقاء كونيديات الفطر *Phaeoseptoria eucalypti* محتفظة بحيويتها .

كما وجد (Robinson (1967 أنه عند سقوط جراثيم الفطر *Botrytis cinerea* على بشرة ورقة النبات ، فإنها تتشرب ماء قطيرات الندى المتكونة خلال الليل بسرعةٍ ؛ مما يساعدها على الالتصاق بسطح البشرة والإنبات .

وتعتمد بعض فطريات سطوح الأوراق على قدرتها فى تحليل الليبيدات فى نموها تحت ظروف هذه البيئة ؛ فلقد وجد (Ruinen (1966 الفطر *Cryptococcus laurenti* والفطر *Rhodotorula glutinis* – وهما من خمائر سطوح الأوراق – يفرزان إنزيمات lipases على بشرة نبات الألوه Aloe– وهو نوع من الصبار – وأيضا على بشرة أوراق نبات *Sanseviera* .

وتحتوى إفرازات أوراق النباتات leaf exudates على عديدٍ من العناصر الكبرى والعناصر الصغرى ، بالإضافة إلى كمياتٍ كبيرةٍ من المركبات العضوية ، تشمل السكريات البسيطة ، والمواد البكتينية ، والكحولات السكرية ، والأحماض الأمينية ، والأحماض العضوية ، بالإضافة إلى الجبرلينات ، والفيتامينات ، والمواد الفينولية (Mitchell, 1968) .

ولقد وجد (Stocking (1956 عديداً من الأملاح الذائبة فى طبقة الماء الرقيقة على سطح بشرة أوراق النبات ؛ مثل أملاح الفوسفات والكبريتات والنترات والكلوريدات لكاتيونات الأمونيا والبوتاسيوم والماغنسيوم والكالسيوم بتركيزات تصل إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون .

ويختلف معدل إفراز سطوح الأوراق من المواد السابقة باختلاف نوع النبات ، ورطوبة الهواء المحيط به الذى يتمثل فى الأمطار والضباب والندى . كما تلعب ظروف البيئة حول النبات دورا هاما فى معدل إفرازات سطح الأوراق ؛ حيث تعمل زيادة شدة الإضاءة وارتفاع الحرارة وسرعة الرياح ، بالإضافة إلى زيادة الرطوبة النسبية حول النبات على زيادة إفرازات الأوراق (Tukey, 1971)

وعلاوة على ما سبق ، فلقد وُجد أن الأعضاء النباتية الصغيرة العمر تظهر معدلاً منخفضاً من الإفرازات بالمقارنة بالأعضاء النباتية الناضجة . ولقد وجد (Mitchell (1968 أن إفراز المواد الكربوهيدراتية على سطح أوراق نبات الكريزانثمم ونبات البانسية تزداد عندما تتكون البراعم الزهرية ، وتصل إلى أقصى حدٍّ لها عند مرحلة الإزهار ، ثم تنخفض – بعد ذلك – فى مرحلة شيخوخة النبات .

ويبدو أن المواد المغذية العضوية يتم إفرازها من تيار العصارة النباتية المتدفق خلال النبات ؛ حيث يفرز خارجيًا على السطح . وعلى الرغم من زيادة أعداد الثغور على السطح السفلى للاوراق ، إلا أن معدل إفراز هذه المواد المغذية على السطح العلوى يبلغ حوالى ٧٠ ٪ ؛ ويدل ذلك على أن هذه الإفرازات تجد لنفسها طريقا اخر غير الثغور لتخرج من خلاله ؛ مثال ذلك الإدماع من الثغور المائية hydothodes ، وأيضا خروج الإفرازات من زوائد البشرة trichomes .

ولقد وجد (Bollard (1960 عديدا من الأحماض الأمينية فى محلول ماء الإدماع ؛ مثال ذلك الأسباراجين الذى يمكن ان تستفيد منه عديد من الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق . كما وجدت مواد غذائية أخرى ؛ مثل : المالتوز ، والسترات (Wilson, 1960) ، والسكروز (Ruinen, 1961) .

وقدرت كمية الكربوهيدرات الكلية الموجودة على سطوح الأوراق فوجدت أنها تتراوح بين ١٠٠ و ٦٠٠ ميكروجرام (مقدرة كجلوكوز Glucose) ، وكانت كمية الأحماض الأمينية الكلية تتراوح بين ٠,٢ و ١,٠ ميكروجرام (مقدرة كليوسين Leucine)؛ وذلك لكل سنتيمتر مربع من سطح أوراق البنجر (Blakeman, 1972).

ومن ناحية أخرى ، لوحظ أن بعض الكائنات الحية الدقيقة النامية على سطوح الأوراق تقوم هى الأخرى بإفراز بعض المواد الغذائية التى تستفيد منها كائنات دقيقة أخرى تنمو حولها ؛ فعلى سبيل المثال لاحظ (Blackeman & Fraser (1971 أن جراثيم الفطريات *Botrytis cinerea* و *Mycosphaerella ligulicola* يترشح منها بعض الأحماض الأمينية والمواد الكربوهيدراتية خلال إنباتها .

عاشرا ـ حبوب اللقاح كمصدر غذائى :

من المعروف أن الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق – مثال ذلك الأنواع التابعة للجنسين *Cladosporium* و *Aureobasidium* – يمكنها الاستفادة من المواد الغذائية المنسابة من حبوب اللقاح (Fokkema, 1971) .

وفى تجربة على نبات الشيلم ، أزيلت السنابل قبل أزهارها من بعض النباتات ، وتركت فى نباتات أخرى تبعد عن الأولى بمسافة كافية للمقارنة . وعند الإزهار ،

سقطت حبوب اللقاح على سطوح الأوراق ، وأخذت عدة عينات دورية من هذه الأوراق ، وغسلت فى ماء مقطر معقم ، وتم إنماء محتويات المعلق السابق على بيئة الاجار المغذى لفترة تحضين كافية .

ولقد أظهرت النتائج زيادة أعداد مستعمرات الفطر *Cladosporium* spp. الموجودة على سطوح أوراق الشيلم المعرضة لسقوط حبوب اللقاح عليها إلى ١٣ ألف مستعمرة لكل سنتيمتر مربع ، بينما كانت أعداد هذه المستعمرات لا يزيد على ٥٥٠ مستعمرة فقط لنفس المساحة ، على الأوراق غير المعاملة ، وذلك بعد أسبوعين من بداية الإزهار .

وعند إعادة أخذ عينات ورقية من نباتات الشليم السابقة فى مرحلة الشيخوخة ، وجد أن اعداد مستعمرات الفطر السابق متقاربة فى كلتا المعاملتين ، حيث يرجع السبب فى ذلك إلى أن الأوراق المتقدمة فى العمر تفرز مزيدا من المواد المغذية، بينما يكون التأثير المشجع لحبوب اللقاح على زيادة نمو العشائر الفطرية على سطوح الأوراق قد انتهى .

وتشجع حبوب اللقاح نمو عديد من الفطريات الأخرى ، مثال ذلك الفطر *Aureobasidium pullulans* ، والخميرة الحمراء *Sporobolomyces roseus* ، حيث أمكن حصر ٣٣,٦ ألف مستعمرة من الخمائر الحمراء على كل سنتيمتر مربع من أوراق الشليم بعد أسبوعين من بداية الأزهار ، بينما كان عدد هذه المستعمرات لا يتجاوز ٣,٨ ألف مستعمرة لنفس المساحة من أوراق الشيلم غير المعاملة بحبوب اللقاح.

ويعتبر الفطر *Cochliobolus sativus* من الفطريات الأسكية الممرضة لنبات الشيلم ، حيث تنمو هيفاته على سطوح الأوراق نموًا سطحيًا قبل الاختراق . وفى دراسة قام بها (Fokkema 1971) ، تم خلالها عدوى أوراق الشيلم بكونيديات الفطر السابق مع وبدون حبوب اللقاح ، أظهرت النتائج أن حبوب اللقاح عملت على زيادة نمو الفطر الممرض ؛ وبالتالى زيادة العدوى . وعزى ذلك إلى أن توفير مواد غذائية إضافية من حبوب اللقاح أدت إلى تشجيع نمو هيفات الفطر الممرض على سطوح الأوراق ، وبالتالى زيادة اللقاح الفطرى ، الذى سبب موتا مضاعفا للأنسجة النباتية .

حادى عشر - العوامل المؤثرة على بيئة سطوح الأوراق :

١ - التلوث :

إن التلوث الجوى بالدخان ، والغبار ، وغازى أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت ، وقطيرات حمض الكبريتيك ، وسلفيد الهيدروجين ، وأيضا التلوث بالفلورين، والكلورين ، والبرومين ، واليود ، وبعض العناصر الثقيلة ، وبالمبيدات الحشرية ، ومبيدات الحشائش ، والمطهرات الفطرية ، والمخصبات الزراعية ، وكذلك بأكاسيد النتروجين ، وغيرها من مواد ومركبات لا حصر لها .. كلها تؤثر فى نمو الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق بدرجة كبيرة .

ولقد اختبرت بعض الملوثات السابقة فى المعمل على نمو بعض الأحياء الدقيقة ، فوجد أنها تقتل بكتيريا *Escheritia coli* ، و *Serratia* spp. ، و *Photobacterium phosphoreum* ، كما وجد أن التركيز المرتفع من ثانى أكسيد الكبريت يقتل فطرىْ *Hysterium pulicare* و *Diplocarpon rosae* (Saunders, 1966) .

ونظرا لهذا التأثير القاتل لثانى أكسيد الكبريت على الفطريات ، فلقد أوصى Couey (1961) & Uota باستعماله فى مكافحة فطر *Botrytis cinerea* ، وأيضا أوصى Couey (1965) به فى مكافحة فطر *Alternaria* spp. ، وخاصة عند ارتفاع الرطوبة النسبية حول النبات . كما وجد أن سمية ثانى أكسيد الكبريت تزداد عند انخفاض رقم الحموضة على سطح الأوراق .

ولقد اهتمت بعض الدراسات بتأثير التلوث بالمعادن الثقيلة على فطريات سطوح الأوراق ، فعلى سبيل المثال وجد Mowll & Gadd (1985) أن الأحياء الدقيقة على سطوح أوراق أشجار الإسفندان Sycamore النامية فى المدن تتأثر بالتلوث بالمعادن الثقيلة ، بالمقارنة بالأشجار البعيدة عن مصادر هذا التلوث . ولقد وجد أن أوراق هذه الأشجار تحتوى على ١٠٠ ضعف من الرصاص بالمقارنة بأوراق الأشجار البعيدة عن مصادر التلوث .

وتحت ظروف التلوث السابق ، زادت أعداد عشائر *Aureobasidium pullulans* على سطوح الأوراق ، بينما انخفضت أعداد الخمائر الحمراء *Sporobolomyces roseus* والبكتيريا .

وفى دراسات أخرى ، تم دراسة تأثير الكادميوم والنحاس والزنك على نمو الخمائر والفطريات الشبيهة بها (Gadd, 1983) ، كما درس Bewley & Campbell (1980) تأثير التلوث بالزنك والرصاص والكادميوم على نمو عشائر الأحياء الدقيقة على سطوح أوراق نبات الزعرور البرى hawthorn leaves .

كما درس (1984) Mowll & Gadd امتصاص الكادميوم بواسطة الفطر *Aureobasidium pullulans* ، بينما اهتم باحثون اخرون بدراسة تأثير النحاس على الفطر السابق (Gadd & Griffiths, 1980 ; Gadd, 1984) .

ومن ناحية أخرى وجد كثير من الباحثين أن المطهرات الفطرية المستخدمة فى مكافحة أمراض المجموع الخضرى لعديدٍ من النباتات الاقتصادية تؤثر تأثيراً ضارًا على عشائر فطريات سطوح الأوراق . فعلى سبيل المثال وجد المؤلف (Ahmed, 1983) – فى دراسته لفطريات سطوح أوراق الشعير بألمانيا – أن المطهرات الفطرية **Ortho-difolatan** و **Cercobin super** ذات تأثير قوىّ على الفطريات الهيفية والخمائر من خلال تأثيرها العريض للمادة الفعالة **Captafol** .

وذكر (1969) Hislop & Cox أن هذه المادة الفعالة (Captafol) ذات تأثير مميتٍ لفطريات سطوح أوراق التفاح ؛ حيث أدت المعاملة بها إلى انخفاض شديد فى أعداد هذه الفطريات . كما وجد (1973) Dickinson تأثيراً مشابهاً للكابتافول على فطريات سطوح أوراق البطاطس .

وفى دراسةٍ أخرى ، وجد (1978) Kuthubutheen & Pygh أن أكثر الفطريات تأثراً بالكابتافول فطريات : *Aureobasidium pullulans* و *Cladosporium cladosporioides* وهى من أهم مكونات فطريات سطوح الأوراق ، بينما لم تتأثر عشائر الفطر *Alternaria chartarum* بالكابتافول .

كما تأثرت عشائر الخمائر – الموجودة طبيعيًا على سطوح أوراق الشعير – بالمطهرات الفطرية المحتوية على المادة الفعالة كابتافول Captafol ؛ حيث انخفضت أعداد هذه الخمائر بدرجةٍ معنويةٍ (Ahmed, 1983) . ولقد وجدت نتائج مشابهة على سطوح أوراق نباتات أخرى (Dickinson, 1973 ، Hislop, 1971) .

ولقد زادت أعداد فطريات وخمائر سطوح أوراق الشعير بعد رشها بالمطهرات

الفطرية السابقة مع مرور الوقت ، حتى وصلت إلى أعدادها الطبيعية في مرحلة النضج اللبنى للحبوب (Ahmed, 1983) . ويرجع ذلك إلى أن مادة الكابتافول تتاثر بالعوامل الخارجية ؛ مثل التحليل المائى والضوئى والتبخر ، كما أنها تفقد بالغسيل (Hislop, 1971) .

وقدر (Mishra & Tewari (1979 مدى بقاء المطهرات الفطرية المحتوية على المادة الفعالة " كابتافول " على سطوح أوراق القمح والشعير بحوالى أربعة أسابيع ، بعدها تفقد فاعليتها ، وتنمو الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق مرة أخرى دون تثبيط.

وقد أظهرت مبيدات الحشائش نفس التأثير السابق على فطريات وخمائر سطوح الاوراق . فعلى سبيل المثال وجد المؤلف (Ahmed, 1983) أن مبيد الحشائش **Dichlorprop** يؤثر تأثيرا ضارًا على هذه الأحياء الدقيقة؛ وذلك عند رشه فى مرحلة تكوين أشطاء الشعير، ووجد ذلك - أيضا - باحثون اخرون (Korpradiskul, 1981) .

ومن ناحية أخرى ، درس المؤلف (Ahmed, 1983) تأثير رش المخصب الورقى **Ensol** على عشائر فطريات خمائر سطوح أوراق الشعير؛ حيث أدى ذلك إلى توفير مواد غذائية إضافية على سطوح الأوراق ؛ فزادت نموات هذه الأحياء الدقيقة زيادة معنوية؛ وهذا ما وجده أيضا Burchill & Cook (1971)، و (Hudson (1971 ، و فى تجارب أخرى مماثلة .

وفى دراسة أخرى للمؤلف مع اخرين (Raafat et al., 1988) ، تم رش أوراق القمح بأسمدة ورقية (نترات أمونيوم ، عناصر صغرى - سيكوسيل **CCC**) فى تجربة حقلية بمزرعة شلقان بمحافظة القليوبية ؛ وذلك لمعرفة تأثيرها على عشائر الفطريات الهيفية والخمائر على سطوح أوراق القمح .

وأظهرت النتائج زيادة أعداد الخمائر بالمقارنة بالفطريات الهيفية، وخاصة الخمائر البيضاء *Cryptococcus magnus* ، والخمائر الحمراء *Sporobolomyces roseus* ، بينما كانت أكثر الفطريات الهيفية شيوعا هى الأنواع التابعة للجنس *Cladosporium* .

٣ – العوامل الجوية :

تعتبر سطوح الأوراق وسطاً موحشا inhospitable niche وغير مناسب – من الناحية الطبيعية والكيمائية – لنمو الفطريات ، فعلى الرغم من ان تبخر الماء من على سطوح الأوراق يعمل على تخفيف حدة الجفاف النسبى ، إلا أن الفطريات القاطنة لهذا الوسط تتعرض كثيرا لانخفاض الرطوبة النسبية ، وخاصة عند تعرضها لأشعة الشمس الحارقة ، وللرياح الجافة ، ثم يعاد ترطيب سطح الأوراق بعد ذلك عن طريق قطرات الأمطار أو الندى .

وتتميز تراكيب الفطريات قاطنة سطوح الأوراق بأنها ليست جيدة العزل ضد تذبذب درجات الحرارة من حولها والتى تتغير بسرعة لعديد من المرات ، بين الارتفاع والانخفاض حتى فى البيئات المناخية المعتدلة .

وفى البيئات المناخية المعتدلة – ذات الهواء الساكن نسبيًا – فإن درجة حرارة سطوح الأوراق قد تكون مرتفعة عن درجة حرارة الهواء المحيط بها بحوالى ١٠ – ١٢°م خلال تعرضها لأشعة الشمس لمدة دقيقة واحدة ، فإذا ما مرت سحابة حجبت أشعة الشمس ، انخفضت درجة حرارة سطح الورقة درجتين أقل من درجة حرارة الهواء المحيط بها . كما تتعرض سطوح الأوراق للأشعة فوق البنفسجية الضارة والتى تعتبر أحد مكونات الإشعاع الشمسى .

ولقد وجد (Sutton (1953 أن المناخ القريب من الأوراق microclimate يكوّن طبقة رقيقة من الهواء تؤثر على سطوح الأوراق وما عليها من أحياءٍ دقيقةٍ تنمو عليها ؛ وذلك من خلال الحرارة ، والرطوبة الجوية ، والإشعاع الشمسى ، وسرعة الرياح .

وتختلف سمك طبقة الهواء المحيطة بالأوراق ، والتى تؤثر عليها تبعا لحجم الورقة ، وسمكها ، وشكلها ، وموضعها على النبات ، وأيضا على اختلاف الظروف الجوية حولها . وتتأثر حيوية الكائنات الحية الدقيقة القاطنة لبيئة سطوح الأوراق باختلاف درجات الحرارة والرطوبة النسبية والإشعاع الشمسى، كما تلعب سرعة الرياح دورا كبيرا فى سمك طبقة الهواء المحيطة بالأوراق ، والتى يطلق عليها اسم المناخ القريب .

وتتحدد كفاءة الفطريات الممرضة للنبات فى اختراق عائلها النباتى بمدى تأثرها بالعوامل الجوية فى المراحل المبكرة من العدوى ؛ فعلى سبيل المثال ، وجد Burage (1969) أن بقاء الجراثيم اليوريدية للفطر *Puccinia graminis tritici* محتفظة بحيويتها يعتمد على توزيع الندى على سطوح أوراق القمح ، وعلى مدى احتفاظ الأوراق بكمية من الرطوبة تكفى إنبات الجراثيم وإحداث العدوى .

كما أن فطريات أسطح سيقان النباتات – التى تنمو عادة على السلاميات السفلى للنباتات نظرا لارتفاع الرطوبة – تستطيع النمو على السلاميات العليا إذا ارتفعت الرطوبة النسبية حول النباتات . ولقد وجد Webster & Dix (1960) أن الفطريات التى تنمو على سطوح الأجزاء العليا من سيقان النباتات تكون متحملة – عادة – لانخفاض رطوبة الجو ، بينما تنمو الفطريات المحبة للرطوبة العالية على الأجزاء السفلى .

وقد لوحظ – بصفةٍ عامةٍ – خلال الدراسات التى تجرى فى غرف الرطوبة moist chambers زيادة أعداد الفطريات اللزجة myxomycetes على سطوح الأوراق التى وصلت إلى مرحلة الشيخوخة ، بينما يعمل الإمداد المائى المعتدل على زيادة نمو الفطريات الهيفية filamentous fungi (Ahmed, 1988 b) .

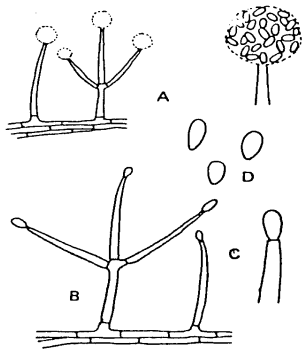
ولقد لاحظ Robinson (1967) أن جراثيم الفطر *Plasmopara viticola* تصيب أوراق العنب الناضجة عند رطوبةٍ نسبيةٍ حوالى ٨٠ ٪ ؛ فإذا انخفضت الرطوبة إلى أقل من ذلك (حوالى ٧٠ ٪) ، فإن هذه الجراثيم لا يمكنها إصابة الأوراق الناضجة ، ولكنها تصيب الأوراق الصغيرة فقط . ويوضح ذلك مدى أهمية الرطوبة النسبية فى نشاط الفطريات الممرضة للنبات خلال مرحلة نموها على سطح الأوراق .

وأيضا وجد Manners (1971) أن إنتاج كونيديات فطر البياض الدقيقى *Erysiphe graminis* والجراثيم اليوريدية لفطر الصدأ الأصفر *Puccinia striiformis* على أوراق القمح يتأثر تأثرا شديدا بالعوامل البيئية المحيطة بالنبات ؛ مثل الحرارة ، والرطوبة النسبية وشدة الإضاءة .

ووجد Bruehl & Lai (1966) أن الفطر *Cephalosporium gramineum* (شكل ٥ – ٢٣) يستطيع الاحتفاظ بحيويته عندما ترتفع الرطوبة النسبية حول النبات

، فإذا انخفضت الرطوبة إلى أقل من ٩٠ ٪ فقد الفطرُ حيويتّه . ويستطيع هذا الفطـــر منافسة غيره من الفطريات الأخرى عند رطوبة نسبية ١٠٠ ٪ ، ولكن يعمل انخفـاض الرطوبة النسبية إلى ٩٠ ٪ على نمو فطريات أخـرى – مثـل *Penicillium* spp. – تنافسه ، وتؤثر على نموه .

وتؤدى ظروف الرطوبة العالية على السطح العلوى لأوراق القمح إلى زيـادة نمـو فطريات الخميرة ، وخاصة الخمائر الحمراء من الجنـس *Sporobolomyces* ، كمـا ترتبط زيادة هذه الخمائر على السطح العلوى للأوراق بزيادة مستوى العناصر الغذائية (Webster & Dix, 1960) .



شكل (٥ – ٢٣) : الحوامل الكونيدية (B . A) وكونيديات (D) الفطر *Cephalosporium* .
لاحظ خروج الكونيدة من تركيب قارورى الشكل (C) .

وتحتاج الخمائر – بصفةٍ عامةٍ – إلى رطوبـةٍ نسبيةٍ عاليـةٍ لا تقـل عـن ٩٠٪ لعدة ساعات يومـيًا ؛ حتى يمكنها النمـو والانـقسام ، بينمـا تسـتطيع عديـد مـن الفطـريات الهيفيـة النمو والتجـرثم تحت ظـروف الرطـوبة الجـوية المنخفضـة (Bashi & Fokkema, 1977) .

وتكوّن خلايا الخميرة مواد سكرية معقدة خارج الخلايا exocellular polysaccharides ، تعمل على لصق خلاياها ببشرة الأوراق ؛ وذلك تحت ظروف الرطوبة العالية ، وهذا يفسر غياب عشائر الخمائر تحت ظروف انخفاض الرطوبة .

ولقد درس Diem (1971) تأثير انخفاض الرطوبة النسبية على حيوية جراثيم فطريات سطوح الأوراق ؛ مثل : *Alternaria tenuis* ، و *Stemphylium botryosum* ، و *Helminthosporium* sp. ، و *Cladosporium herbarum* ، و *Aspergillus* spp. ، و *Colletotrichum graminicola* ، و *Cladosporium cladosporioides* و *Penicillium* spp. .

ووجد الباحث السابق أن الرطوبة المتوسطة (٦٧ ٪) ضارة بالفطريين *S. botryosum* و *A. tenuis* وبالأنواع التابعة للجنس *Cladosporium* . وكذلك وجد أن تعرض جراثيم الفطريات *Colletotrichum graminicola* و *Helminthosporium sativum* لرطوبة أقل من ٧٣ ٪ يفقدها حيويتها بعد حوالى أربع ساعات .

وتعتبر الجراثيم الشفافة أكثر حساسية لانخفاض الرطوبة النسبية من الجراثيم الداكنة اللون ؛ وبالتالى فهى تفقد حيويتها تحت ظروف الجفاف ، ويفسر ذلك ندرة وجود عشائر الفطريات المكونة لمثل هذه الجراثيم الشفافة على سطوح أوراق النباتات النامية فى المناطق ذات الرطوبة النسبية المنخفضة .

ويعتبر تباين درجات الحرارة على سطوح أوراق النباتات من العوامل الهامة المؤثرة على نمو عشائر الأحياء الدقيقة ؛ حيث تعتبر درجة حرارة ٦٠°م هى الحد الأعلى لنمو فطريات سطوح الأوراق (Chang & Hudson, 1967) . ولقد تم عزل فطريات محبة لدرجة الحرارة العالية من قش النجيليات المستعمل فى تجهيز الكومبوست المستخدم لزراعة فطر عيش الغراب العادى ؛ وذلك عندما ترتفع حرارة هذا القش خلال عملية التخمير ، بينما تختفى الفطريات الأخرى التى لا يمكنها تحمل هذه الحرارة العالية .

ولقد وجد Sharma & Mukerji (1972) عشائر فطرية كثيفة على سطوح أوراق القطن خلال شهر أكتوبر ؛ حيث كانت درجة الحرارة معتدلة ، أما عند انخفاض

درجات الحرارة فى شهرى ديسمبر ويناير فقد قلت أعداد هذه العشائر الفطرية بدرجة كبيرة . كما أظهرت بعض الفطريات ارتباطاً معنوياً مع درجات الحرارة السائدة حولها؛ فعلى سبيل المثال لم يشاهد الفطران *Candida* و *Phoma* فى فترات ارتفاع الحرارة فى شهر يونيو ، بينما ازداد وجودهما عند انخفاض الحرارة فى شهرى ديسمبر ويناير .

وفى دراسة أخرى ، وجد أن الفطر *Aspergillus niger* حساس للحرارة المنخفضة، وخاصة خلال شهور الشتاء ، كما أن تغير درجات الحرارة يؤثر على معدل نمو ونشاط بعض الفطريات الأخرى ؛ مثل *Pythium* spp. و *Rhizopus stolonifer* (Pierson, 1966) .

وفى بحث قام به المؤلف (Ahmed, 1983) على نباتات الشعير المزروعة فى حقول بمنطقة Weende بمدينة جوتنجن بألمانيا – تعرضت خلالها النباتات لدرجات حرارة تتراوح بين –٥°م و ١٢,٤°م ، ولرطوبة جوية تتراوح بين ٥٤ ٪ و ٩٥ ٪ – أظهرت النتائج عدم تأثر عشائر الفطريات الهيفية والخمائر الموجودة على سطوح الأوراق بانخفاض درجة الحرارة .

ويمكن لفطريات سطوح الأوراق الاستمرار فى النمو حتى ٦ درجات مئوية تحت الصفر (Brooks & Hansford, 1923) ؛ فعلى سبيل المثال وجد أن الفطر *Aureobasidium pullulans* ينمو حتى حرارة ١°م (Cooke, 1960) ، كما وجد أن الفطرين *Alternaria tenuis* و *Botrytis cinerea* ينموان حتى درجتين تحت الصفر (Togashi, 1949) .

وبصفة عامة ، لا يمكن – على وجه الدقة – تحديد تتابع ظهور الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق ، وعلى الرغم من ذلك فلقد ذكر (Ruinen (1961 أن نمو مستعمرات الخميرة قد يعتمد على النشاط المبدئى لمستعمرات البكتيريا التى تنمو مبكرة على سطوح الأوراق ، وقد يرجع ذلك إلى توفر بعض العناصر الغذائية على سطوح الأوراق يتم تحررها من الأوراق نتيجة نشاط هذه البكتيريا .

ومن ناحية أخرى ، فإن تشجيع نمو عشائر الخمائر بواسطة النشاط المبكر للبكتيريا على سطوح الأوراق قد يعكس التغيرات الناتجة فى انسياب العناصر الغذائية من الورقة التى ترجع إلى تقدم العائل النباتى فى العمر (Tukey, 1971) . وفى هذا

المجـــال ، وجـــد (Last (1955 a زيـــادة أعـــداد الخمـــائر الحمـــراء للجنـــس *Sporobolomyces* مع زيادة عمر الورقة .

وفى دراسة للمؤلـــف (Ahmed, 1983) لفطريـــات ســـطوح أوراق الشعـــير – تعرضت خلالها النباتات إلى أمطار وصلت إلى ٤٠ ملليلتر يوميا – وجـــد أن أعـــداد الفطريات الهيفية والخمائر لم تتأثر معنويا . ولقد وجد ذلك أيضا (Warren (1972 ؛ حيث لم تتغير أعداد الخـــمائر البيضاء والحمراء وكذلك أعداد الفطريات الهيفية؛ مثل : *Cladosporium* spp. و *Aureobasidium* spp. على سطوح أوراق البنجر .

وربما يرجع ذلك إلى التصاق هذه الأحياء الدقيقة جيدا على سطوح أوراق النبات ، وكذلك نموها أحيانا داخـــل غرفـــة الثغـــر (O Donnell & Dickinson, 1980). ويصاحب سقوط الأمطار ارتفاع الرطوبة النسبية ؛ حيث يؤدى ذلك إلى زيادة تجرثـــم الفطريات وانقسام خلايا الخميرة (Dickinson & O`Donnell, 1977) .

وأيضا لم يجد (Fokkema et al (1979 أى تأثير للأمطار على أعـــداد الخمـــائر النامية على سطوح أوراق الشوفان ؛ وفسر ذلك (Phaff (1971 بأن هـــذه الخمـــائر تفرز مواد سكرية معقدة خارج الخلية exocellular polysaccharides تعمـــل علـــى التصاق خلايا الخميرة على سطوح الأوراق ؛ مما يؤدى إلى عدم غسل هـــذه الخلايـــا خلال الأمطار .

٣ – عمر العائل النباتى :

تنمو العشائر الفطرية – التى تظهر مبكرة على سطوح الأوراق – دون أن يعوقـــها منافسة غيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى . ولكن بعد أن تنمو عشائر الأحيـــاء الدقيقة المختلفة ، فإنها تبدأ فى التنافس فيما بينها .

ولقد وجـــد (Dickinson (1965 , 1967 أن الأوراق الصغيـــرة العمـــر ينمـــو على سطحها عـــدد محدود من المستعمرات الفطرية بالمقارنة بالأوراق الناضجـــة أو التى تصل إلى مرحلـــة الشيخوخـــة . كما أوضحت الدراســـات التـــى قـــام بـــها (Sharma & Mukerji (1972 أن الأوراق الخضراء للقطن تنمو عليها عشائر لأنواع قليلـــة من الفطـــريات بالمقـــارنة بالأوراق الجـــافة التـــى تتســـاقط علـــى الأرض وتتحلل .

وفى دراسة ميكروسكوبية مباشرة لسطوح أوراق الذرة وجد المولف (Ahmed, 1988 a) أن الأوراق الحديثة التكوين فى بادرات الذرة تنمو على سطحها أعداد قليلة من فطريات وخمائر سطوح الأوراق ؛ حيث يرجع ذلك إلى انخفاض مستوى اللقاح الأولى المتساقط من الهواء ، وانخفاض الرطوبة النسبية حول البادرات ، بالإضافة إلى انخفاض معدل إفرازات الأوراق ، مما يؤدى الى قلة الغذاء المتاح على سطوح الأوراق . وكانت العشائر الفطرية المبكرة تنتمى للفطريات *Cladosporium cladosporioides* ، و *Aureobasidium pullulans* ، و *C. herbarum* ، و *Fusarium* sp. ، و *Alternaria alternata* .

كما وجد الباحثان (Kamal & Singh (1970 أن بعض الفطريات التابعة لرتبة Sphaeropsidales ، وبعض الأجناس الأخرى مثل *Fusarium* و *Alternaria* و *Curvularia* – والتى توجد جراثيمها عادة على سطوح الأوراق المتحللة – يزداد نشاطها عند تساقط هذه الأوراق على سطح التربة وتحللها .

ومن ناحية أخرى ، وجد (Pugh & Buckley (1971 أن نسبة جراثيم الفطر *Cladosporium herbarum* و *Epicoccum nigrum* تنبت على الأوراق الخضراء ، إلا أن معدل نموها وتجرثمها يكون منخفضا بالمقارنة بالنمو والتجرثم على الأوراق فى مرحلة الشيخوخة ، وهذا يؤكد أن هذه الفطريات من الأنواع التى ينشط نموها مع تقدم الأوراق فى العمر .

ولقد أشار (Ruinen (1970 إلى زيادة أعداد فطريات سطوح الأوراق عند تقدم النبات فى العمر . وأيضا وجد (Dickinson & Moran-Jones (1966 زيادة الأطوار الكونيدية للفطر *Ascochytula obiones* على سطوح الأوراق الخضراء ؛ حيث ظهر أقصى نموّ له فى شهرى مايو وسبتمبر ، بينما اختفت نموات هذا الفطر خلال شهرى يناير ومارس ، وحل محله الفطر *Fusarium* spp. ؛ ويدل ذلك على قدرة العائل النباتى على التحكم فى طبيعة ونوع العشائر الفطرية النامية على سطحه .

وفى بعض الأحيان يتداخل تأثير عمر العائل النباتى مع الظروف الجوية المحيطة بالنبات . فعلى سبيل المثال وجد (Pugh & Buckley (1971 أن تأثير تقدم النبات فى العمر يتداخل مع تغير فصول السنة عند دراسة توزيع عشائر الخميرة *Sporobolomyces* على سطوح أوراق القمح المنزرع فى فصل الشتاء ؛ حيث كان

عدد هذه الخمائر منخفض خلال الشتاء، ثم زاد بعد ذلك فى فصلى الربيع والصيف ، مع تقدم النبات فى العمر وارتفاع درجة الحرارة .

كما قدر (Menna (1959 أعداد عشائر الخمائر *Rhodotorula* و *Sporobolomyces* على سطح أوراق الحشائش العشبية فى نيوزيلاندا ؛ حيث وجد نفس التوزيع السابق . ووجد (Dickinson (1967 أن الفطر *Ascochytula pinodes* من الفطريات المتخصصة فى الانتشار على سطوح الأوراق المتقدمة فى العمر لنبات الفاصوليا ، وعلى العكس من ذلك ، وجد (Hudson & Webster (1958 أن الفطر *Pullularia pullulans* من الفطريات التى تنمو مبكرا على أوراق نبات *Agropyron repens* .

وفى دراسة للمؤلف (Ahmed, 1983) على نمو مستعمرات الأحياء الدقيقة على أوراق الشعير ، وجد أن عشائر الفطريات الهيفية كانت أكثر فى عددها من عشائر الخمائر على سطوح أوراق بادرات الشعير (مرحلة الأوراق الثلاثة) ؛ حيث كان العدد الكلى للفطريات الهيفية ٢١,٨ عشيرة ، يقابلها ثلاث عشائر خمائر فقط لكل سنتيمتر مربع .

ومع تقدم النبات فى العمر ، زادت أعداد الفطريات الهيفية والخمائر على سطوح أوراق الشعير ، وكان أهمها الفطريات *Cladosporium cladosporioides* و *Aureobasidium pullulans* و *Alternaria alternata* ، بالإضافة إلى عشائر الخمائر البيضاء *Cryptococcus* spp. و *Candida hordei* ، والخمائر الحمراء *Sporobolomyces roseus* والبرتقالية *Bullera aurantiaca* .

وفى دراسة أخرى للمؤلف واخر (Ahmed & Saleh, 1987) تم متابعة أعداد وأنواع عشائر الأحياء الدقيقة على سطوح أوراق الطماطم خلال مراحل النمو المختلفة: البادرات والإزهار والإثمار والشيخوخة . ولقد أوضحت النتائج زيادة العدد الكلى للفطريات والبكتيريا المثبتة للأزوت الجوى لاتكافليا والاكتينوميسيتات بتقدم النبات فى العمر .

ولقد وصل عدد هذه الأحياء الدقيقة إلى أقصى حد لها فى مرحلة الإزهار والإثمار ، فعلى سبيل المثال عزى (Warren, 1973) هذه المشاهدة إلى تساقط حبوب اللقاح على سطح الأوراق (Fokkema, 1968) وإلى زيادة إفرازات

الأوراق بتقدمها فى العمر (Bessems, 1974 ; Tyagi & Chauhan, 1984) . كما وجد (Sharma & Mukerji (1973 زيادة إفراز أوراق الكريزانثمم للمواد الكربوهيدراتية عندما تبدأ البراعم الزهرية فى التكوين ، وتصل إلى أقصى حد لها خلال مرحلة الإزهار .

ولقد تتبع المؤلف فى دراسة أخرى له (Ahmed, 1988 b) فطريات سطوح أوراق الذرة الشامية من خلال عشر عينات متتابعة تمثل مراحل نمو النبات المختلفة (بادرات - استطالة الساق - الإزهار - الإثمار - الشيخوخة) .

وأظهرت النتائج أن العدد الكلى للفطريات الهيفية فى أول عينة ورقية للبادرة عمر ثلاثة أسابيع كان ٩١١,٨ مستعمرة لكل سنتيمتر مربع من مسطح الأوراق، زاد فى العينة الثانية - بعد ذلك بأسبوع - إلى ١٣١٩,٨ مستعمرة / سم^{٢} . وفى العينات الثلاث التالية - مرحلة استطالة الساق - استمرت زيادة أعداد فطريات سطوح الأوراق إلى ١٨٢١,١ ، و ٢٢٩٧,٢ ، و ٣٠٦٧,٨ مستعمرة / سم^{٢} على الترتيب .

وفى مرحلة الإزهار ، انتثرت حبوب اللقاح على سطوح الأوراق ؛ مما أدى إلى زيادة أعداد فطريات سطوح الأوراق إلى ٧٨٨٧,٤ و ٧٩٥٩,٣ مستعمرة / سم^{٢} ، بينما وصل هذا العدد إلى أقصاه عند مرحلة الإثمار ٧٥٨٧,٠ و ٢٢٢٢٦,٢ مستعمرة / سم^{٢} وكذلك عند مرحلة الشيخوخة إلى ٣٧٣٢٤,٨ مستعمرة / سم^{٢} .

وقد ترجع زيادة أعداد فطريات سطوح الأوراق - بعد مرحلة الإزهار - إلى دور حبوب اللقاح فى توفير مادة غذائية إضافية لهذه الفطريات (Fokkema, 1968) ، وإلى زيادة إفرازات الأوراق مع تقدمها فى العمر (Tyagi & Chauhan, 1984) .

وعند حصر أجناس وأنواع الفطريات الموجودة على سطوح أوراق الذرة الشامية - خلال هذه الدراسة (Ahmed, 1988b) - وجد أن أكثر الفطريات شيوعا هى الأنواع التابعة للجنس *Cladosporium* ؛ حيث كانت تمثل حوالى ٤٧,٦٪ من إجمالى الفطريات الهيفية ، تليها الأنواع التابعة للجنس *Fusarium* ؛ حيث كانت نسبتها حوالى ٢٩,٢ ٪ .

ولقد فسر (Last (1955 زيادة أعداد هذه العشائر الفطرية والخمائر على سطوح الأوراق مع تقدم النبات فى العمر بزيادة المواد الغذائية المفرزة على سطح البشرة .

وترجع هذه الزيادة فى الإفرازات الخارجية إلى كثافة عمليات البناء الضوئى ودورات التمثيل الغذائى خلال مرحلة النمو الخضرى .

كما وجد (Tukey 1971) أن هذه الكفاءة العالية فى افراز المواد الغذائية على سطح بشرة النبات تستمر حتى يصل النبات إلى مرحلة الشيخوخة .

وتنمو معظم العشائر الفطرية على سطوح الأوراق بالقرب من العروق الرئيسية والفرعية ؛ حيث يرجع ذلك إلى مايلى (عن Pugh & Buckley, 1971) :

١ - وجود قنوات دقيقة فوق عروق الورقة ، تسمح لقطيرات الماء التى يتعلق بها الوحدات الفطرية بالتدفق خلالها .

٢ - زيادة معدل إفرازات الأوراق ذات المحتوى العالى من المواد الغذائية ، وخاصة من منطقة العروق .

٣ - تمدد خلايا البشرة فوق منطقة العروق ؛ مما يجعلها ذات جدر رقيقة تسمح بزيادة إفرازات الأوراق .

٤ - تؤدى تغذية حشرات المن على عروق النبات إلى وجود ثقوب ناتجة عن اختراق أجزاء فمها الماصة داخل أنسجة العروق . وتعتبر هذه الثقوب أحد مصادر خروج عصارة النبات التى تنمو عليها فطريات سطوح الأوراق. كما تنمو هذه الفطريات بكثرة على الإفراز العسلى الذى تفرزه حشرات المن .

كما درس (Tubaki & Yokoyama 1971) العشائر الفطرية النامية على سطوح الأوراق السابق تعقيمها ، ثم وضعها فى ظروف طبيعية ؛ حيث قسمها إلى :

١ - الفطريات التى تجد طريقها إلى سطوح الأوراق عن طريق ترسيب وحداتها الفطرية على السطح ، ثم تنبت وتنمو مكونة عشائر فطرية ، مثل الفطريات التابعة لرتبة الميوكورات Mucorales .

٢ - الفطريات التى تنمو وتتجرثم على سطوح أوراق النباتات فى مرحلة تحللها ؛ ومن أمثلة ذلك : فطريات *Clacarisporium*، و *Penicillium* ، و *Trichoderma* .

٣ – الفطـريات التى توجد على سـطوح أوراق النباتات خلال المراحل الأولـى من تحللها ثم تختفى بعد ذلك ؛ مثل الأنواع التابعة للأجناس : *Ceratocystis*، و *Sympodiella* ، و *Subulispora* .

٤ – فطريات نادرة الوجود خلال المراحل الأولى من التحلل ، ولكنها تنشط وتوجد بوفرة خلال النصف الأخير من التحلل ؛ مثل الأجنـاس : *Cladosporium* ، و *Toxotrichum* ، و *Dactylaria* ، و *Crinula* ، و *Condinaea* ، و *Chalara* ، و *Thysanophora* ، و *Oidiodendron* ، و *Verticillium* .

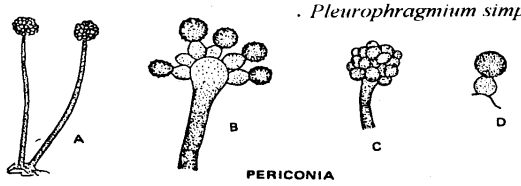
وينتشر الفطران *Pestalotia* و *Subulispora* على سـطوح الأوراق الخضـراء المعقمة خلال المراحل المبكرة جدا من تحللها ، بينما يوجد الفطـر *Calcarisporium* على الأوراق المتحللة حديثا ، والفطر *Oidiodendrom* على الأوراق الميتة .

ولقد قسم Yadav & Madelin (1968) الفطريات المتجرثمة والنامية على السيقان المتعفنة لنبات *Urtica dioica* إلى ثلاثة أقسام :

١ – الفطريـات ذات التوزيـع الغـير متجـانس : مثـال ذلـك فطريـات : *Sphaerosporium* ، و *Cladosporium* ، و *Periconia cookei* ، و *Dendryphium comosum* .

٢ – الفطريات المنتشرة على الأجزاء العليا من النبـات : مثـال ذلـك فطريـات *Cladosporium herbarum* ، و *Alternaria tenuis* .

٣ – الفطريات المنتشرة على الأجزاء السفلى من النبات : مثـال ذلـك فطريـات *Leptosphaeria acuta* ، *L. doliolum* ، و *Torula herbarum* ، و *Pleurophragmium simplex* .



شكل (٥ – ٢٤) : الحـوامـل الكونيـديـة (A) وقـمـة الحـامل الكونيدى تحمل كونيديات (C ، B) وكونيدة (D) للفطر *Periconia* .

ثانى عشر - توزيع الفطريات المترممة الأولية الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق :

تتعرض أوراق النباتات الحولية وكذلك أورق الأشجار المعمرة دائمة الخضرة او المتساقطة الأوراق للشيخوخة ، سواء طبيعيًا أم نتيجة لإصابتها بواحد أو أكثر من الفطريات الممرضة . وعلى الرغم من الأعداد اللانهائية من جراثيم الفطريات المختلفة التى تترسب على سطوح أوراق النبات ، فإن قليلا من هذه الفطريات ينجح فى النمو على سطوح الأوراق فى مرحلة الشيخوخة كمترممات ، ثم داخل الأنسجة النباتية بعد تساقط هذه الأوراق وتحللها .

وتعتبر مثل هذه الفطريات من المترممات الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق common primary saprotrophs لعديد من الأشجار متساقطة الأوراق ، والشجيرات والأعشاب والنباتات النجيلية مثل محاصيل الحبوب ، وأيضا على سطوح أوراق السراخس . ويكاد لا يخلو سطح ورقة من وجود هذه الفطريات المترممة الشائعة .

وتعتبر الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر مادة متخصصة تنمو عليها أنواع محددة من فطريات سطوح الأوراق ، مثال ذلك الفطر *Aureobasidium pullulans* . وتتوقف أنواع الفطريات القاطنة لسطوح هذه الأوراق على الظروف المناخية السائدة .

فعلى سبيل المثال ، يقل انتشار الفطر *Alternaria alternata* على سطوح أوراق الموز فى الظروف المناخية الاستوائية ، ويحل محله أنواع من الفطر *Nigrospora* خاصة الفطر *N. sphaerica* ، بالإضافة الى أنواع من الجنس *Curvularia* خاصة الفطر *C. lunata* . وينعكس ذلك - بطبيعة الحال - على جراثيم الهواء الجاف dry air spora فى كل من المناطق المناخية الاستوائية والمعتدلة .

وكذلك لوحظ اسوداد سنابل النباتات النجيلية خاصة خلال الفصول الرطبة ، حيث وجد أن هذه الظاهرة تنتج عن نمو أنواع من الفطريات الداكنة اللون من الأجناس *Alternaria* و *Cladosporium* و *Epicoccum* .

وفى دراسة للباحثين Christensen & Kaufmann (1965) عن تدهور الحبوب المخزونة بواسطة الفطريات ، وجد أن هذا التدهور يتسبب عن الفطريات السابقة بالإضافة إلى فطريات أخرى من الأجناس *Chaetomium*

و *Fusarium* و *Rhizopus* . ويطلق – عادة – على مثل هذه الفطريات أسم فطريات الحقل field fungi ؛ وذلك لأن هذه الفطريات تقطن سطوح أوراق النباتات النجيلية خلال وجودها فى الحقل.

ولقد وُجد تخصص لأنواع الفطريات القاطنة لسطوح أوراق النباتات المختلفة ، فمثلاً ينحصر الفطر *Leptosphaeria microscopica* على سطوح أوراق النجيليات ، بينما يرتبط وجود الفطريات *Fusicoccum bacillare* و *Sclerophoma pithiophila* بالأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر .

وقد تبقى هذه الفطريات المترممة الأولية الشائعة على سطوح الأوراق لفترة طويلة قبل تساقطها . فعلى سبيل المثال تنمو مستعمرات الفطر *Cladosporium herbarum* – عادة – على الأجزاء الميتة من أوراق أشجار الزان مكونة كونيديات وفيرة ؛ وذلك خلال شهر يونيو . ويبقى هذا الفطر على سطوح الأوراق لفترة تتوقف على عوامل عديدة ، مثل نوع نسيج الورقة ومحتوياتها الغذائية .

وبصفة عامة ، فإن أوراق الأشجار السريعة التحلل مثل أوراق أشجار الاسفندان sycamore والدردار ash تهيئ الفرصة لنمو الفطريات المترممة الأولية الشائعة عليها مبكراً ، بالمقارنة بأوراق الأشجار البطيئة التحلل ؛ مثل أوراق أشجار الزان beech والبلوط oak. وعلى ذلك يبقى الفطر *C. herbarum* على سطوح أوراق أشجار الزان بأعداد وفيرة خلال فصل الشتاء بعد تساقط الأوراق، وتستمر هذا الوفرة فى عشيرة الفطر حتى الصيف التالى ، ثم تختفى عشيرة هذا الفطر مع بداية فصل الخريف .

ويمكن ملاحظة تتابع الفطريات المترممة طبيعياً على سطوح النباتات المختلفة ، فعلى سبيل المثال توجد هذه الفطريات المترممة الأولية primary saprotrophs كأول مجموعة من الأحياء الدقيقة التى تظهر مبكراً على الفروع الزهرية لنبات cocksfoot، حيث توجد هذه الفطريات على الأوراق القاعدية فى بداية فصل الصيف ، ثم تنتشر بعد ذلك لأعلى على السيقان مع تقدم النبات فى العمر .

ثالث عشر ـ تداخل نمو عشائر الفطريات على سطوح الأوراق:

يتوازن نمو عشائر الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق ، ويتميز هذا التوازن بأنه دائم التغير ؛ حيث يتم هذا التوازن بين أفراد هذه الأحياء الدقيقة النامية

متداخلة فيما بينها على سطوح أوراق النبات . وعلى الرغم من أن معظم هذه الاحياء الدقيقة مترممات saprophytes ، إلا أن بعضها ممرض للنبات .

ومن الأمور الهامة التى تحدث على سطوح الأوراق كموطن للفطريات ، أن الفطريات الممرضة للنبات يلزم عليها أن تمر بفترة حرجة من النمو السطحى epiphytic phase لفترة من الوقت حتى يمكنها استكمال نشاطها الحيوى والنجاح فى اختراق العائل النباتى .

وخلال هذه الفترة ، يتعرض الفطر الممرض لعوامل مختلفة ، ليست فقط عوامل البيئة السيئة التى قد يتعرض لها على سطح الورقة ، ولكن أيضا التضاد الحيوى والمنافسة على الغذاء من الأحياء الدقيقة الأخرى القاطنة لسطوح الأوراق ، بالإضافة إلى المقاومة الفعالة التى قد يبديها العائل النباتى نفسه تجاه الطفيل .

وهناك تنوع لا حدود له من التداخلات الناتجة عن نشاط تلك الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق ، يعمل بعضها على تضاد ومنافسة الممرضات ، والتى تؤدى فى النهاية إلى كبح جماحها . ويمكن – من الناحية العملية – تشجيع نمو هذه الأحياء الدقيقة القاطنة لسطوح الأوراق بحيث تقوم بمكافحة هذه الممرضات حيويا .

وتؤثر الأحياء الدقيقة المترممة – خلال نموها – على القدرة المرضية للممرضات النباتية؛ وذلك من خلال تثبيط العدوى وتقليل معدل تكشف المرض . فعلى سبيل المثال، وجد المؤلف وآخرون (Raafat el al., 1988) أن زيادة أعداد عشائر الفطريات الهيفية والخمائر على سطوح أوراق القمح يؤدى إلى تقليل شدة إصابة الأوراق بالفطر *Puccinia recondita* المسبب لمرض صدأ الأوراق .

ولقد أثبت كثير من الباحثين أن بعض الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق ذات تأثير تضادى لعديد من الفطريات الممرضة للنبات (Fokkema, 1976 & 1978 ; Skidmore, 1976 ; Fokkema et al., 1979) ؛ حيث يرجع ذلك التأثير إلى تنافس الأحياء الدقيقة على العناصر الغذائية ، كما أن بعضها يفرز مواد مثبطة للنمو (Hudson, 1968) .

وتشترك عديد من الكائنات الحية الدقيقة فى التأثير المضاد للفطريات الممرضة ، مثال ذلك الأكتينوميسيتات Actinomycetes (Sykes & Skinner, 1973) وبعض

البكتيريا المثبتة للأزوت الجوى لاتكافليًا ؛ مثل : *Azotobacter* ، و *Azospirillum* (Yoshida, 1976) .

وفى دراسةٍ للمؤلف مع اخر (Ahmed & Saleh, 1987) تمت دراسة الأحياء الدقيقة على سطوح أوراق الطماطم وقدرتها على تضاد الفطر *Alternaria solani* المسبب لمرض الندوة المبكرة . ولقد أظهرت النتائج أن أكثر فطريات سطوح الأوراق قدرة على تضاد الفطر الممرض هو الفطر *Fusarium solani* ، يليه الفطر *Aspergillus ochraceous* ، و *Alternaria alternata* .

كما أظهرت نتائج البحث السابق أيضا أن جميع عزلات بكتيريا *Streptomyces* (٥ عزلات) وبكتيريا *Azotobacter chroococcum* قد ثبطت نمو الفطر الممرض *A. solani* ، بينما لم تظهر عزلات البكتيريا *Bacillus* sp. و *Micrococcus luteus* و *M. roseus* وجميع عزلات البكتيريا العصوية القصيرة الهوائية السالبة لجرام (ثلاث عزلات) أية قدرةٍ تضاديةٍ للفطر الممرض .

وتتوازن عشائر الفطريات الهيفية والخمائر على سطوح الأوراق ؛ حيث وجد Last (1955) أن عشائر الخمائر من الجنس *Sporobolomyces* تنمو على سطح الأوراق الحديثة من نباتات القمح ، ولكن مع تقدم عمر الورقة ينحصر وجود هذه الخمائر على الحواف ، بينما يُغطّى باقى نصل الورقة بنموات الفطر *Tilletiopsis* .

كما وجد (Pugh & Buckley (1971 سلوكاً مماثلاً للفطر *Aureobasidium pullulans* ؛ حيث تنتشر عشائره الفطرية على سطوح الأوراق مبكراً ، حتى تظهر عشائر الفطرين : *Cladosporium* spp.، و *Epicoccum* sp. ويتزايد عددها ، وعندئذ تتقلص أعداد عشائر الفطر *A. pullulans* ويقل نشاطه ، كما تتغلظ خلاياه وتصبح داكنة اللون .

وفى دراسةٍ للمؤلف (Ahmed, 1988 b) على عشائر فطريات سطوح أوراق الذرة الشامية ، وجد أن عشائر الفطر *Aureobasidium pullulans* ظهرت بنسبةٍ كبيرة خلال العينات الخمس الأولى (فى مرحلة البادرات واستطالة الساق) فى الوقت الذى كانت فيه أعداد عشيرة الفطر *Cladosporium* قليلة للغاية .

ومع تقدم الأوراق فى العمر (فى مرحلة الإزهار والإثمار ثم الشيخوخة) زادت عشائر الفطر *Cladosporium* spp. على حساب الفطر *A. pullulans* التى اختفت تماما بعد ذلك .

ولقد وجد (Pugh & Buckley (1971 – أيضا – أن أعداد الفطر *A. pullulans* تنمو بنشاط على سطوح أوراق الاسفندان sycamore فى الوقت الذى يكون نشاط الفطريات *Cladosporium* spp. و *Epicoccum* spp. محدودا .

كما لاحظ (Hudson (1968 تضاعف أعداد مستعمرات الخمائر من الجنس *Sporobolomyces* إلى ٤ – ٥ أضعاف أعداداها على سطح أوراق نبات النعناع المصاب بمرض الصدأ (*Puccinia menthae*) بالمقارنة بالأوراق السليمة . ويدل ذلك على التأثير الضار للفطر الممرض ؛ حيث يسبب زيادة نفاذية خلايا البشرة ؛ مما يسبب تدفق مزيد من المواد الغذائية على السطح الخارجى لبشرة الأوراق .

وفى دراسةٍ قام (Fokkema (1971 على أوراق نبات الشيلم خلال مرحلة الإزهار وجد أن حبوب اللقاح تعمل على زيادة نمو الفطريات الممرضة والمترممات الشائعة على سطوح الأوراق ، حيث تتنافس هذه الفطريات على حبوب اللقاح كمصدر غذائى . وفى مثل هذه الحالة يمكن الوصول إلى درجة من المكافحة الحيوية ، إذا استطاعت المترممات الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق تحييد التأثير المشجع لحبوب اللقاح للفطر الممرض .

ولقد لوحظ أن التأثير التثبيطى النسبى على نمو ميسليوم الفطر الممرض *Cochliobolus sativus* على سطوح أوراق الشيلم وصل إلى ٧٢ ٪ ، مما أدى إلى انخفاض موت الأنسجة بنسبة ٧٥ ٪ وذلك عند نمو فطر *Aureobasidium* كمنافس على المواد الغذائية المنسابة من حبوب اللقاح على نفس الأوراق السابقة .

ولقد ذكر (Webster & Dix (1960 أن التنافس بين فطريات سطوح النبات – بعضها وبعض – على المناطق السفلى من السيقان تحت ظروف الرطوبة العالية هو السبب الرئيسى فى عدم قدرة الفطريات على التجرثم ، بينما تنجح الفطريات القادرة على التجرثم تحت هذه الظروف فى الانتشار ، وتسود عشائرها على غيرها من الفطريات الأخرى .

رابع عشر ـ تأثير فطريات سطوح الأوراق على إسراع شيخوخة الأوراق :

ناقش كثير من الباحثين النمو الكثيف لعشائر الفطريات على سطوح عديد من نباتات الحقل وتأثيرها على إسراع شيخوخة الأوراق (Last, 1955 a,b, Dickinson, 1967

; Skidmore & Dickinson, 1973 ; Zwatz, 1976, 1976 ; Mc Bride & Hayes, 1977 ; Mappes & Hampel, 1977 ; Dickinson & Bottomley, 1980) .

ولقد لوحظ أن زيادة عشائر هذه الفطريات على سطح الأوراق يؤدى إلى انهيار محتواها من الكلوروفيل ؛ فيقل معدل التمثيل الضوئى ، وينخفض المحصول . وقد شوهدت أعراض تبقع الأوراق واصفرارها فى مثل هذه الأوراق ؛ حيث أطلق Dickinson (1981) على هذه الفطريات اسم المتطفلات الاختيارية facultative parasites .

وفى دراسةٍ للمؤلف (Ahmed, 1983) على دور فطريات سطوح أوراق الشعير على الإسراع من شيخوخة الأوراق تحت ظروف الصوبة ، تم اختبار ثلاثة فطريات ؛ هى : *Cladosporium cladosporioides* ، و *C. herbarum* ، و *Alternaria alternata* تحت ظروف الرطوبة النسبية العالية (٨٠ ٪) وحرارة ١٨°م .

وأظهرت نتائج الدراسة السابقة ظهور أعراض على المجموع الخضرى لنباتات الشعير المعاملة بهذه الفطريات ؛ حيث اصفرت الأوراق نتيجة تدهور الكلوروفيل ، كما ظهرت بقع بنية على أنصال الأوراق ، وتشوهت سفا السنابل ، واصفرّت السيقان، وماتت النباتات ، وخاصة تلك المعاملة بالفطر *A. alternata* .

ولقد ذكر عديدٍ من الباحثين القدرة المرضية للفطر *A. alternata* ؛ وذلك للنباتات المنزرعة تحت ظروف الصوبة (Huguelet & Kiesling, 1973) ، وأيضا كمسبب مرضى لأوراق الشعير (Dhanraj, 1970) ، ولعديدٍ من العوائل النباتية الأخرى ؛ كالدخان (Stavely et al., 1971) ، والقمح (Siddaramaiah et al., 1979) ، بالإضافة إلى البطاطس ، والورد ، وبنجر السكر ، والطماطم (Dickinson, 1981) .

وفى هذه الدراسة (Ahmed, 1983) ظهرت على أوراق الشعير بقع بنية على أنصال الأوراق ، يبلغ قطرها حوالى ملليمترين أو أقل . ولوحظ أن هذه البقع تتحد مع بعضها مكونة مساحة كبيرةً من أنسجةٍ ميتةٍ تغطى نصل الورقة ، و خاصة فى النباتات المعاملة بالفطر *A. alternata* ؛ مما يدعو إلى الاعتقاد بأن هذا الفطر متطفل (Malone & Muskett, 1964 ; Ellis, 1971) .

كما سببت الفطريات *Cladosporium herbarum* و *C. cladosporioides* موتا

للأنسجة النباتية ؛ مثل : أوراق الشعير ، والسيقان ، والسنابل ، والسفا . ويمكن اعتبار هذه الفطريات متطفلات (Dickinson, 1978) .وتعمل هذه الفطريات على الإسراع من شيخوخة النباتات ؛ مسببة تدهور الكلوروفيل وموت الأنسجة النباتية وتعفنها .

وتفرز هذه الفطريات أوكسيناتٍ وإنزيماتٍ محللةٍ ونواتج ثانوية من تمثيلها الغذائى تضر بالنبات (Petrini et al., 1979) . فعلى سبيل المثال ، وُجِدَ أن الفطر *C. herbarum* يفرز إندول حمض الخليك IAA (Valadon & Lodge, 1970) وإندول أسيتونتريل IAN (Buckley & Pugh, 1971) .

وقد وجد – أيضا – أن هذه الفطريات تقوم بإفراز بعض الإنزيمات المحللة للسيليلوز والبكتين ؛ مما يجعلها قادرةً على اختراق الأنسجة والإضرار بخلايا العائل النباتى (Sie, 1951) .

وأوضحت هذه الدراسة (Ahmed, 1983) أن فطريات سطوح الأوراق المختبرة أمكنها النمو داخل نسيج أوراق الشعير؛ حيث شوهدت هيفات الفطريات المقسمة تنمو متفرعة بين خلايا الأوراق المصابة ، ثم تكوّن حواملها الكونيدية خارجة من الثغور . ولقد أوضح (O`Donnell & Dickinson (1980 أن فطريات سطوح الأوراق *C. cladosporioides* و *A. alternata* تحتاج إلى مدةٍ تتراوح بين ٧ أيام و ١٤ يوما لكى تنمو داخل غرف الثغر ، ثم إلى أسبوع آخر حتى تتكون البقع الميتة .

ولقد وجد المؤلف (Ahmed, 1983) فى هذه الدراسة أن هيفات الفطر *A. alternata* تخترق بشرة أوراق الشعير اختراقا مباشرا ؛ وذلك عن طريق عضو الالتصاق المتكون من طرف هيفا النمو . كما وجد (Dickinson (1981 أن هيفات هذا الفطر تخترق نسيج البشرة عند قمة أوراق القمح ؛ حيث يدل ذلك على أن هذا الفطر ممرضا لأنسجة النبات .

ويؤدى النمو الكثيف لهيفات الفطر *A. alternata* إلى حجب الضوء الساقط على الأوراق بنسبة قد تصل إلى ٢٥ ٪ ؛ مما يقلل من عملية التمثيل الضوئى للأوراق (Tedders & Smith, 1976) . كما أن نمو هيفات الفطر على سطح الورقة يؤدى إلى هدم الكلوروفيل والإسراع من شيخوخة الأوراق .

ولقد وُجد – أيضا – أن هذه الفطريات النامية على سطوح الأوراق تقوم بتحليل الشموع والكيوتين (Heinen & De Vries, 1966 ; Ruinen, 1966 ; Klug & Markovetz, 1971) ؛ مما يساعد على زيادة النتح ، ويسرع من شيخوخة الأوراق (Bell, 1974) .

وفى بحث اخر للمؤلف (Ahmed, 1988 b) تمت دراسة فطريات سطوح أوراق الذرة الشامية من عينات مأخوذة من نباتات مزروعة بحقول بالقرب من مدينة كفر الزيات بمحافظة الغربية لمعرفة دورها فى إسراع شيخوخة الأوراق ؛ وذلك عن طريق تقدير كمية الكلوروفيل بالمقارنة بأحد الفطريات الممرضة للذرة ، وهو فطر *Drechslera maydis* المسبب لمرض تبقع الأوراق .

ولقد تمت متابعة زيادة أعداد العشائر الفطرية المختبرة على سطوح الأوراق لمدة ١٢ يوما ؛ حيث تم قياس كمية الكلوروفيل كل يومين كمعيار لشيخوخة الأوراق (Moore & Lovell, 1970) .

وفى هذه الدراسة تم اختبار الفطريات : *Cladosporium herbarum* ، و *Fusarium solani* ، و *Aspergillus niger* ، و *Penicillium chrysogenum*، و *Alternaria alternata* بالمقارنة بالفطر الممرض *Drechslera maydis* .

وأظهرت النتائج زيادة كثافة العشائر الفطرية على أسطح أوراق الذرة الشامية المعاملة بمرور الوقت ، وارتبط ذلك بتدهور المحتوى الكلوروفيلى للأوراق المختبرة والإسراع من شيخوختها .

وعند حساب معامل الارتباط بين زيادة أعداد الفطريات المختبرة ونقص الكلوروفيل ، ظهرت معنويته فى حالة الفطر الممرض *D. maydis* ، وأيضا فى حالة أحد فطريات سطوح الأوراق وهو *F. solani* ؛ بحيث سبب الفطران السابقان إسراع شيخوخة أوراق الذرة الشامية معنويًا . ولقد وجد بعض الباحثين أن الفطرين السابقين يمكنهما إفراز توكسينات ضارة بالنبات (Kern & Naff-Roth, 1965) .

خامس عشر ـ تفاعلات التضاد الحيوى على سطوح الأوراق:

لوحظ عديد من تفاعلات التضاد الحيوى على سطوح أوراق النباتات ، ولكن لا يمكن تفسيرها على أساس تنافس الأحياء الدقيقة على الغذاء كعامل مؤثر وحيد ، حيث

لا يمكن الاعتماد عليه فى تفسير حالات تثبيط بعض الفطريات الممرضة للنبات فى مرحلة نموها السطحى epiphytic phase على أوراق عوائلها النباتية .

ففى بعض الحالات ، وجد أن الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق تقوم بافراز بعض المواد المثبطة لنمو بعض الفطريات الممرضة للنبات . فعلى سبيل المثال ، وجد Pace & Campbell (1974) أن الفطر *Aureobasidium pullulans* والفطر *Epicoccum purpurascens* من الفطريات الشائعة الانتشار على سطوح أوراق بعض النباتات الصليبية ، وهذا يجعلها تُضاد الفطر الممرض الجرحى *Alternaria brassicicola* .

ولقد قام الباحثان السابقان بعدوى أوراق الكرنب - بعد جرحها - بالفطر الممرض السابق بالإضافة إلى فطرى سطوح الأوراق *A. pullulans* و *E. purpurascens* كل على حدة أو مخلوطين معا . ولقد أظهرت النتائج أن شدة العدوى بالفطر الممرض كانت تتراوح بين ٨٠ و ١٠٠ ٪ عند استعمال لقاح الفطر الممرض منفردا ، بينما عند إضافة فطريات سطوح الأوراق السابقة قبل لقاح الفطر الممرض ، انخفضت شدة العدوى بدرجة كبيرة .

وترجع قدرة فطرى سطوح الأوراق السابقان على خفض القدرة المرضية للفطر الممرض *A. brassicicola* إلى نموها السريع على سطوح الأوراق ، وزيادة نشاطها الحيوى بما يجعلهما منافسين على المواد الغذائية الموجودة على سطوح الأوراق . وهذا يفسر زيادة هذا التأثير التنافسى عند إضافة لقاحهما قبل الفطر الممرض بمدة حوالى ١٤ ساعة .

وقد يرجع سبب هذه القدرة التنافسية للفطرين *A. pullulans* و *E. purpurascens* إلى إفراز مواد تثبط نمو الفطر الممرض لأوراق الكرنب ، حيث أمكن خفض شدة الإصابة إلى النصف عند إضافة مترشح البيئة النامى عليها الفطر *A. pullulans* إلى لقاح الفطر الممرض قبل العدوى مباشرة .

سادس عشر - فطريات سطوح الأوراق والمكافحة الحيوية :

يمكن اعتبار التضاد الحيوى بين الأحياء الدقيقة سلوكا شائعا على سطوح أوراق النباتات النامية تحت الظروف الطبيعية . ولكن ربما يتبادر إلى الذهن التساؤل عن كيفية الاستفادة من هذا السلوك الطبيعى للفطريات القاطنة لسطوح الأوراق ؛ للحد من

النشاط الضار للفطريات الممرضة ، بما يمكن أن يطلق عليه أسم المكافحة الحيوية biological control .

وقد يكون ذلك ممكناً عن طريق زيادة أعداد هذه الأحياء الدقيقة القاطنة لسطوح الأوراق ، أو إضافة أحياء دقيقة أخرى بأعداد وفيرة لتقوم بهذا الدور الحيوى الهام .

وعلى ذلك ، فإن احتمال نجاح مثل هذه الفطريات المترممة القاطنة لسطوح أوراق النباتات فى المكافحة الحيوية للفطريات الممرضة تعتمد على سلوك هذه الفطريات الممرضة على سطوح الأوراق . فالفطريات الممرضة التى تقضى الفترة الأولى من حياتها – قبل اختراق عائلها النباتى – على صورة هيفات تنمو على سطح الأوراق ، مستفيدة من المواد الغذائية المفرزة خارجيا على سطوح هذه الأوراق تتعرض لمنافسة الفطريات المترممة ، بينما تهرب الفطريات الممرضة التى تخترق بشرة النبات بعد إنبات جراثيمها مباشرة من تلك المنافسة .

وعلى أية حال ، يؤدى اللجوء إلى هذه المكافحة الطبيعية (الحيوية) إلى تقليص استخدام المركبات الكيمائية القاتلة للفطريات (المطهرات الفطرية Fungicides) ، والتى تؤثر على فطريات سطوح الأوراق أكثر من تأثيرها على الفطر الممرض .

فلقد لاحظ Pace & Compbell (1974) أن المطهر الفطرى الجهازى **Benomyl** يوفر مكافحة جيدة لعديد من الأمراض التى تصيب أوراق النباتات الصليبية ، فيما عدا مرض تبقع الأوراق المتسبب عن الفطر *Alternaria brassicicola* ؛ وذلك يرجع إلى مقاومة هذا الفطر لفعل المطهر الفطرى السابق . ولكن وجد – فى نفس الوقت – أن بعض الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق (مثل الفطر *Aureobasidium pullulans* والفطر *Epicoccum purpurascens*) تؤثر على هذا الفطر الممرض ، وتحد من قدرته المرضية .

وعند رش المطهر الفطرى **Benomyl** على أوراق هذه النباتات ، فإنه يؤثر على فطرى سطوح الأوراق السابقين ، ويقل نشاطهما الحيوى ؛ تاركيْن الفرصة لنشاط الفطر الممرض لإحداث مزيد من موت الأنسجة . وعلى ذلك فإن رش المطهر الفطرى **Benomyl** يزيد من شدة إصابة النباتات الصليبية بفطر تبقع الأوراق *A. brassicicola* .

كما وجد (Fokkema (1971 ان الفطر *Cochliobolus*) مقاوم لفعل المطهر الفطرى **Benomyl** بصورة نسبية . ولوحظ أنه عند عدوى أوراق الشوفان بالفطر السابق بعد مرحلة الإزهار مباشرة وسقوط حبوب اللقاح على الأوراق كانت شدة الإصابة بالمرض تقل ٦٠ ٪ عن الأوراق التى تم رشها بالمطهر الفطرى **Benomyl** . وعند عد العشائر الفطرية على سطوح الأوراق كانت حوالى عشرة الاف وحدة مكونة للمستعمرات الفطرية لكل سنتيمتر مربع على الأوراق التى رشت بالماء (مقارنة) ، بينما انخفضت هذه العشائر الفطرية على الأوراق التى تم رشها بالمطهر الفطرى إلى حوالى ألف وحدة فقط .

وتوضح التجربة السابقة الدور السلبى الذى يسببه رش المجموع الخضرى بالمطهرات الفطرية على أعداد عشائر الفطريات المترممة القاطنة لسطوح الأوراق ؛ مما يقلل من الدور الحيوى الهام الذى قد تقوم به فى الحد من نشاط بعض الفطريات الممرضة للنبات .

سابع عشر ـ التضاد الحيوى من خلال التحلل وإنتاج المضادات الحيوية وتغيير رقم الحموضة :

هناك أنماط أخرى من التضاد الحيوى على سطوح الأوراق . فعلى سبيل المثال ؛ تتعرض جراثيم الفطريات للتحلل بفعل البكتيريا المفرزة للإنزيمات المحللة للكيتين chitiolytic enzymes ، حيث لاحظ (Lenne & Parberry (1976 وجود تجمعات من الخلايا البكتيرية تحيط بكونيديات متحللة وأنابيب إنبات للفطر الممرض *Colletotrichum gloeosporioides*) على سطوح الأوراق .

وحيث إن أعضاء الالتصاق appressoria ضرورية لاختراق الفطريات الممرضة لبشرة الأوراق ، فإن الفطر الممرض يعمل على أن يكون تركيب هذه الأعضاء صعب التحلل بواسطة البكتيريا . ولقد وجد أن الجدار الخلوى لأعضاء الالتصاق يدخل فى تركيبه مادة الميلانين melanin فى كثير من الفطريات الممرضة للنبات ، مما يجعلها مقاومة للتحلل البكتيرى .

ويزداد تكوين أعضاء الالتصاق عند نمو هيفات الفطر الممرض على سطوح الأوراق فى وجود عشائر البكتيريا ، ولكن يقل عددها إذا أضيفت مواد غذائية – مثل

محلول ١ ٪ جلوكوز ببتون – إلى سطح الأوراق . ويعتبر التأثير المشجع لزيادة تكوين أعضاء الالتصاق على سطوح الأوراق فى وجود البكتيريا هو رد فعل طبيعى للفطر الممرض تجاه الفعل التحليلى البكتيرى .

ومن ناحية أخرى ، يؤدى الجفاف ونقص المواد الغذائية على سطوح الأوراق إلى زيادة تكوين أعضاء الالتصاق . ويعمل سلوك الفطر الممرض فى زيادة تكوينه لأعضاء الالتصاق على احتفاظه بحياته على المدى القصير، خلال المرحلة الأولى من العدوى ، والتى يطلق عليها اسم الطور السطحى epiphytic phase .

ويجب ملاحظة أنه فى مثل هذه الحالات ، فإن إضافة المواد الغذائية تؤدى إلى زيادة نمو أنبوب الإنبات وتكوين هيفات سطحية تحمل عددا قليلا من أعضاء الالتصاق. وحيث إن الإصابة تتم من خلال تكوين أوتاد العدوى infection pegs المتكونة من خلال أعضاء الالتصاق ، فإن إضافة المواد الغذائية – فى مثل هذه الحالات – قد يؤدى إلى انخفاض الإصابة .

وهناك العديد من الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق المفرزة للمضادات الحيوية تحت ظروف إنمائها على البيئات الصناعية ، مثال ذلك الفطر *Aureobasidium* ، والخميرة *Sporobolomyces* ، إلا أنه لا توجد أدلة تؤكد أن هذا السلوك موجود على سطوح الأوراق فى الطبيعة .

ومن ناحية أخرى ، يبدو أن إنتاج المضادات الحيوية بواسطة بكتيريا سطوح الأوراق ليس شائعاً ، إلا أن بعض البكتيريا يمكنها إفراز ببتيدات ذات تأثير مضاد لنشاط الفطريات antifungal peptides ، وذلك تحت ظروف التجارب المعملية على الأقل . ويؤدى نشاط مثل هذه البكتيريا على سطوح الأوراق إلى تقليل شدة الإصابة الناتجة عن بعض الفطريات الممرضة للنبات ؛ مثل أنواع الجنس *Colletotrichum* .

كما أن بعض الفطريات الممرضة للنبات تكون حساسة للتغير فى رقم حموضة الوسط الذى تنمو عليه . ففى الفطر *Septoria nodorum* يتم تثبيط إنبات الجراثيم عند انخفاض رقم الحموضة لأقل من pH 6.0 ، حيث تفشل جراثيم هذا الفطر الموجودة على حواف مستعمرة الفطر *Botrytis cinerea* فى الإنبات . ويرجع ذلك إلى انخفاض رقم الحموضة عند حواف مستعمرة الفطر السابق ، الذى يعتبر من الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق .

ثامن عشر ـ المواد المفرزة من أوراق النبات ذات التأثير المثبط لنمو الفطريات :

تفرز بعض النباتات مواد مثبطة للنمو الفطرى fungistatic substances تسبب وقف إنبات الجراثيم ، أو الحد من نمو أنابيب الإنبات . ومن أكثر المواد المثبطة التى تفرزها النباتات شيوعا الفينولات phenols التى تفرز من بعض أصناف التفاح، حيث تعمل هذه الفينولات على تثبيط إنبات جراثيم الفطر *Venturia inaequalis* المسبب لمرض جرب التفاح .

وكذلك تم التعرف على حمض الجاليك gallic acid كمركب مضاد للفطريات antifungal component فى قطيرات الندى المأخوذة من على سطوح أوراق أشجار الاسفندان sycamore . ويتم تكوين هذا الحمض من خلايا الورقة ، ثم يفرز إلى السطح الخارجى.

وتلعب شموع كيوتكل سطح الورقة دورا فى تثبيط نمو الفطريات الممرضة ، فلقد وجد أن المواد القابلة للذوبان فى الأثير الحامضى من شموع أوراق التفاح ذات تأثير مثبط على نمو فطر *Podosphaera leucotricha* المسبب لمرض البياض الدقيقى فى التفاح . كما تؤثر الصفات الطبيعية لشموع الكيوتكل على معدل إفراز المواد المغذية والمضادة لنشاط الفطريات ، حيث تقلل الشموع الكارهة للماء hydrophobics من إفراز هذه المواد إلى السطح الخارجى للأوراق .

وعلى ذلك فهناك علاقات متشابكة شديدة التعقيد بين الفطر الممرض وعائله النباتى وفطريات سطوح الأوراق والمثبطات المفرزة والبيئة المحيطة . ومازالت هذه العلاقات المتشابكة مجهولة فى مجملها ، ومن الصعب دراستها فى منظومتها الطبيعية ، إلا أن النتائج المتاحة تشير إلى أن الفطريات المترممة القاطنة لسطوح الأوراق تعمل كعامل منظم ومحدد لسلوك الفطريات الممرضة للنبات .

تاسع عشر ـ تحلل الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبريات:

تختلف المدة الزمنية المحصورة بين تساقط أوراق الأشجار على سطح التربة وتحليلها تحليلا كاملا . فعلى سبيل المثال تحتاج الأوراق الأبرية فى غابات الصنوبريات الموجودة فى المناطق المناخية الباردة إلى حوالى عشر سنوات أو أكثر

لتحليل أوراقها الإبرية ، بينما تقل هذه المدة إلى سنة واحدة فـــى أشجـــار الـــدردار ، وتصل إلى أسابيع قليلة فى أشجار الغابات الاستوائية .

ومن المعروف أن الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبريات شديدة الصلابـــة وبطيئـــة التحلل . وتتساقط هـــذه الأوراق – عادة – خلال شهرى أغسطس وسبتمبر ، ثم تتراكم بكميات كبيرة على سطح الأرض فى طبقات متراصة بعضها فوق بعض ، تزداد عاما بعد عام .

ويمكن تقسيم طبقة الأوراق المتساقطة على ســـطح الأرض تقسيما رأســـيا ، تبعـــا لعمر هذه الطبقات ومرحلة تحلل أوراقها . وتعتبر الطبقة السطحية الحديثة (L) هـــى أولى هذه الطبقات ، يليها لأسفل الطبقات (F1) و (F2) ثم (H) ؛ وهـــى اقـــدم الطبقات عمرا وأكثرها عمقا .

وتتكون الطبقة (L) من الأوراق الإبرية المتساقطة حديثا ، والتى لم تبدأ بعد فـــى التحلل . وتتميز هذه الأوراق بلونها الذى يتراوح بين البنى الفاتح إلى الباهت ، بينمـــا تكون الأوراق الأقدم عمرا ذات لون داكن .

وتبقى الأوراق فى هذه الطبقة حوالى ستة شهور محتفظة بمقاومـــة عاليـــة للشـــد high tensile strength ، وذات محتوى منخفض من الرطوبة . وتتميز هـــذه الطبقـــة بأنها مفككة وغير مندمجة ، وتتعرض عادة للجفاف ؛ مما يجعلها غـــير مهيئـــة لنمـــو الفطريات عليها بصورة مستمرة .

وتتميز الأوراق الإبرية فى الطبقة التالية (F1) بأنها ذات لون رمادى يتحول إلى البنى الداكن فى الجزء السفلى من هذه الطبقة . كما تحتفظ الأوراق الإبريـــة بشكلـــها العام، ولكن يلاحظ تحلل أنسجتها الداخلية ؛ مما يجعلها أقل مقاومة للشد low tensile strength ، بينما يزداد محتواها المائى عن الطبقة العليا .

وتتغير صفات الأوراق الإبرية فى الطبقة (F2) التى تقع أسفل الطبقة الســـابقة ، حيث تظهر الأوراق بلون رمادى ،وتكون عادة مفتته نتيجة تحلل أنسجتها الداخليـــة . وتشاهد على هذه الأوراق كتل من براز الحيوانات الصغـــيرة microfauna ، حيـــث تنشط هذه الكائنات فى هذه الطبقة من الأوراق وتساعد على تحللها .

ويزداد نشاط الحيوانات الصغيرة فى الطبقة السفلى (H) ؛ حيـــث تـــزداد كتـــل برازها على الأوراق الإبرية المتحللة ، كما تنمو هيـــفات الفطريات بغزارة على كـــل

من الأوراق الإبرية وكتل براز الحيوانات الصغيرة . وتعتبر هذه الطبقة هى آخر طبقات الأوراق الإبرية المتساقطة المتحللة ، حيث تليها طبقة من الدبال humus والتربة المعدنية.

ويؤثر فى مراحل تتابع الفطريات المحللة للأوراق الإبرية عاملان أساسيان ، الأول هو الوقت الذى تم فيه تساقط الأوراق ، والثانى هو تاريخ هذه الأوراق السابق لتساقطها. وتتميز الأوراق الإبرية بأنها ليست متجانسة إلى حد بعيد ، وتكون مختلفة فى العمر وفى تركيبها الطبيعى ومحتواها الغذائى عند تساقطها على سطح التربة ، كما تتابين العشائر الفطرية النامية على سطوحها أو داخل أنسجتها بدرجة كبيرة .

وحيث إن هذه الأوراق الإبرية مغطاة بطبقة سميكة شمعية على بشرتها ، فإن العشائر الفطرية التى تنمو على سطحها تكون – عادة – غير كثيفة ومتناثرة ، ومعظمها لفطريات الخمائر الحمراء *Sporobolomyces roseus* . وعلى ذلك تختلف عشائر الفطريات على سطوح هذه الأوراق الإبرية بالمقارنة بالنمو الكثيف لعشائر الفطريات القاطنة لسطوح أوراق الأشجار المتساقطة الأوراق وأوراق النباتات العشبية والحولية .

وعلى الرغم من انخفاض عشائر فطريات سطوح الأوراق الابرية ، فإن هذه الفطريات تقل فى أعدادها بعد تساقط الأوراق على سطح التربة ، وتظهر أنواع أخرى من فطريات الخمائر مثل *Bullera* spp. ، ومن الفطريات الهيفية مثل *Sclerophoma pithiophila* .

ويتوالى نمو الفطريات على الأوراق الإبرية المتساقطة ، حيث يظهر الفطر الأسكى *Lophodermella sulcigena* مكونا أجساما ثمرية مفتوحة apothecial ascomycete، وكذلك الفطر *Coleosporium senecionis* وهو أحد فطريات الصدأ المسبب لتساقط الأوراق الإبرية قبل أوانها ، وذلك بطريقة مباشرة ، أو عن طريق تهيئتها للإصابة بفطريات أخرى ممرضة .

وتعتبر ظاهرة التهيئة للإصابة من الظواهر الشائعة الوجود على الأوراق الإبرية . فعلى سبيل المثال ، تعمل إصابة الأوراق الإبرية الصغيرة فى عامها الأول بالفطر *Lophodermella sulcigena* إلى تهيئتها للإصابة بالفطر *Hendersonia acicola* أو الفطر *Lophodermium pinastri* ، ثم أخيرا تصاب

الفطر *Naemocyclus niveus* الذى يسبب تساقط الأوراق الإبرية فى الصيف التالى .

وتنمو مثل هذه الفطريات الممرضة الضعيفة التطفل على سطوح الأوراق الإبرية مباشرة ، ولكنها تنتشر ببطء شديد حتى تبدأ هذه الأوراق فى الشيخوخة . وكذلك تهاجم هذه الفطريات الممرضة أنسجة الأوراق التى أضيرت بفعل الحشرات .

وقد تصاب الأوراق الإبرية الحية بالفطر *Fusicoccum bacillare* أو الفطر *Sclerophoma pithiophila* ، حيث يؤدى ذلك إلى موت هذه الأوراق وتحول لونها إلى اللون البنى ، ولكنها تبقى متعلقة على الأشجار ولا تسقط على الأرض إلا خلال فصل الصيف .

وينمو الفطر *S. pithiophila* عادة على الأوراق الإبرية ذات المحتوى العالى من المواد الغذائية ، مثل الأوراق الحديثة التى يقل عمرها عن سنة ، والتى تتساقط – عادة – وهى مازالت خضراء اللون . ومن الشائع تساقط الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر فى أعمار مختلفة وأوقات مختلفة من السنة ، وبالتالى فإن سطوحها تكون مغطاة بنموات هيفية لفطريات متباينة ، حيث تبدأ نشاطها فى تحليل هذه الأوراق بعد تساقطها .

ومن الفطريات النشطة فى تحليل هذه الأوراق الإبرية الفطر *Lophodermella sulcigena* الذى يهاجم الأنسجة الداخلية للأوراق mesophyll tissue ، وكذلك الفطر *Hendersonia acicola* المحلل للسيليلوز ، والذى يسبب تحلل أنسجة الورقة حتى تتحول إلى هيكل من الأنسجة الملجننة المغطاة بالبشرة الشمعية .

ومن الفطريات الأخرى النامية على سطوح الأوراق الإبرية الفطر *Lophodermium pinastri* الذى يكوّن بقعاً ذات حدود داكنة اللون pigmented diaphragms على طول الأوراق الإبرية ، تحدد أماكن انتشار مستعمرته الفطرية (شكل ٥ – ٢٥ – a) .

وتهاجم الفطريات المترممة القاطنة لسطوح الأوراق الإبرية بعد ذلك مثل هذه الأنسجة النباتية التى ينمو عليها الفطر السابق ، دون أن تستطيع اختراق الحدود الداكنة اللون ذات الترسيبات الميلانينية melanized diaphragms . ولقد وجد أن هذا الفطر (*L. pinastri*) يقوم بإفراز مضادات حيوية فعالة ضد

الفطريات powerful antifungal antibiotics على البيئات الصناعية فى المعمل ، ويعتقد أن هذه المضادات الحيوية تلعب دورا فى وقف نمو الفطريات المترممة على سطوح الأوراق .

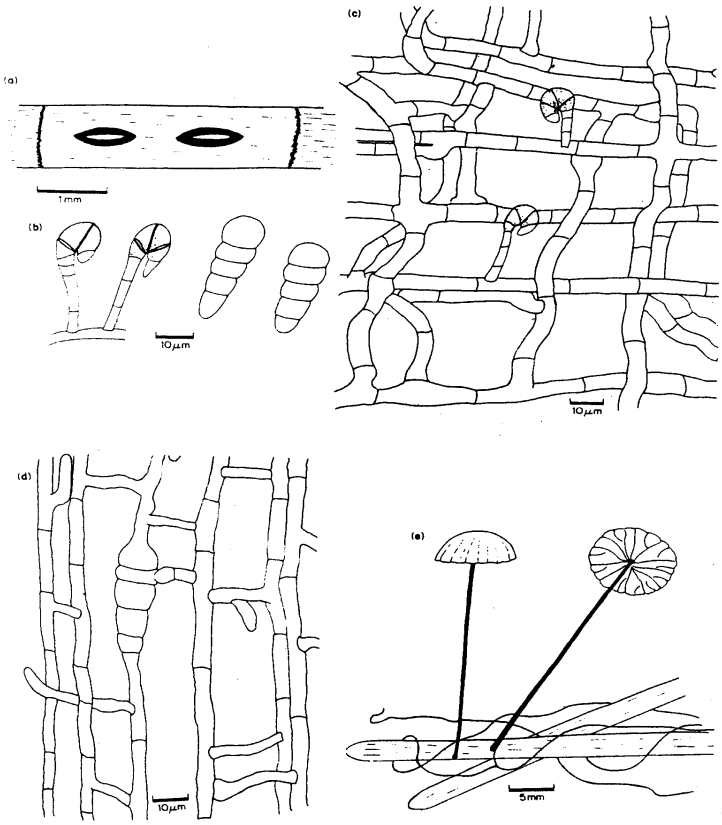
ويتراوح عمر الأوراق الابرية المتساقطة – عادة – بين سنتين وثلاث سنوات ، حيث تتساقط هذه الأوراق خلال شهرى اغسطس وسبتمبر . وينمو على مثل هذه الأوراق الفطر *Lophodermium pinastri* ، بينما ينمو الفطر *Sclerophoma pithiophila* بقلة .

وبعد تساقط هذه الأوراق الإبرية مباشرة ، تنمو على سطحها شبكة من النموات الهيفية ذات اللون البنى الداكن أو الأسود (شكل ٥ – ٢٥ – e) نتيجة نمو بعض الفطريات مثل *Sympodiella acicola* و *Helicoma monospora* (شكل ٥ – ٢٥ – b) كما ينمو الفطر الأسكى *Kriegeriella mirabilis* على الأوراق الإبرية تحت الظروف الجافة (شكل ٥ – ٢٥ – d) . وعلى الرغم من نمو هيفات الفطريات السابقة على الأوراق الإبرية المتساقطة ، فإنها تستمر فى نموها السطحى دون أن تخترق أنسجة الأوراق ، وبالتالى لا تتحلل الأنسجة الداخلية لهذه الأوراق .

وتسلك بعض الفطريات سلوكا مخالفا لما سبق ، حيث تخترق هيفات الفطر *Desmazierella acicola* الأنسجة الداخلية للأوراق ، ثم ينتج الفطر كونيدياته من الوسائد الهيفية المتزاحمة ذات اللون الداكن ، التى تتكون فوق الحشيات الثمرية للفطر .

وفى هذه المرحلة ، تقوم الحيوانات الصغيرة microfauna – مثل الأكاروسات – بالتهام هيفات وجراثيم الفطريات النامية على سطوح الأوراق . وتتزايد أعداد هذه الحيوانات الصغيرة على الأوراق الإبرية مع زيادة رطوبتها خاصة فى الطبقة (Fl). ويستمر هذا النشاط الحيوى على الأوراق الإبرية لمدة حوالى سنتين ، وقد يستمر إلى حوالى سنتين ونصف بعد تساقط الأوراق .

وينتج الفطر *D. acicola* إنتاجا وفيرا من الحوامل الكونيدية فى فصل الصيف التالى لسقوط الأوراق ، بينما يكوّن الفطر *L. pinastri* أجسامه الثمرية الأسكية فى الطبقة (L) فى الفترة من شهر يناير إلى شهر مايو ، موفرا لقاحا فطريا يكفى لإصابة الأوراق الإبرية السليمة على أشجارها .


(a)
1mm
(b)
10μm
(c)
10μm
(d)
10μm
(e)
5mm

شكل (٥ - ٢٥) : a = جسمان ثمريان أسكيان للفطر *Lophodermium pinastri* على ورقة إبرية لأشجار الصنوبر .

b = كونيديات الفطر *Helicoma monospora* وجراثيم أسكية للفطر *Kriegeriella mirabilis* .

c = كونيديات وشبكة من نموات هيفية للفطر *Helicoma monospora* نامية على سطح ورقة ابرية لأشجار الصنوبر .

d = جرثومة أسكية وشبكة من النموات الهيفية للفطر *Kriegeriella mirabilis* على سطح ورقة إبرية لأشجار الصنوبر .

e = أشكال جذرية تشبه الخيوط thread-like rhizomorphs وجسمان ثمريان للفطر *Marasmius androcaceus* متكونان على الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر (عن Hudson. 1986) .

وتلعب الحيوانات الصغيرة microfauna دورا فعالا فى الطبقة (F2) التى تكون فيها الأوراق الإبرية المتساقطة قد دخلت عامها الثالث بعد تساقطها . وتتغذى هذه الحيوانات الصغيرة على هيفات الفطريات وأعضاء التكاثر المتكونة عليها ، بينما تستمر الفطريات فى نموها مهاجمة الأنسجة الداخلية للأوراق الإبرية ؛ مثال ذلك الفطران *L. pinastri* و *D. acicola* .

ويلاحظ أن جزيئات الأوراق الإبرية التى لا تصاب بالفطريات الداخلية السابقة تصبح عرضة لمهاجمة الفطريات المترممة القاطنة لسطوح الأوراق ، مثال ذلك *Penicillium* spp. و *Trichoderma* spp. ، بالإضافة إلى بعض فطريات عيش الغراب الخيشومية القاطنة للأوراق الإبرية .

وتبقى الأوراق الإبرية للصنوبر فى هذه الطبقة (F2) لمدة حوالى سبع سنوات ، حيث تقوم الفطريات والحيوانات الصغيرة بتحليلها ، فينخفض وزنها تدريجيا ، ثم تتحول بعد ذلك إلى طبقة دبالية humus layer .

وعلى أية حال ، مازال الدور الذى تقوم به فطريات عيش الغراب الخيشومية فى تحليل الأوراق الإبرية للأشجار الصنوبرية مجهولا ، ولكن يعتقد أن هذه الفطريات تشارك فى تحليل السيليلوز واللجنين فى المراحل النهائية لتحليل هذه الأوراق .

ومن أكثر فطريات عيش الغراب الخيشومية الدقيقة شيوعا على الأوراق الإبرية للصنوبر الفطر *Marasmius androsaceus* والذى يطلق عليه - عادة - اسم فطر عيش غراب شعرة الحصان Horse hair fungus ؛ نظرا لأن ساقه نحيلة وطويلة ذات لون أسود لامع تشبه شعرة الحصان .

وينمو هذا الفطر على الأوراق الإبرية بعد تساقطها بفترة قصيرة مكونا أشكالا جذرية (ريزومورفات) قطنية الشكل cotton-like rhizomorphs سوداء اللون ، نامية من عشيرة الفطر على أوراق الصنوبر القديمة فى الطبقات السفلى . وتقوم هذه الأشكال الجذرية بربط الأوراق الإبرية ببعضها فى كتلة متشابكة من الخيوط .

وقد تظهر الأجسام الثمرية لهذا الفطر (*M. androsaceus*) فى مجموعات متكاثفة تنمو على الأوراق الإبرية فى الفترة من شهر مايو إلى شهر نوفمبر (شكل ٥ - ٢٥ - e) . ويتميز الفطر السابق بقدرته الفائقة على تحليل السيليلوز واللجنين مسببا تحللا داخليا كاملا للأوراق . ولا يمكن إغفال دور هذا الفطر فى تحليل مخلفات الأشجار ؛ حيث إن هيفاته الفطرية تكون - عادة - وفيرة ومنتشرة خلال الطبقتين (L) و (F) .

ولقد وجد كثير من فطريات عيش الغراب الخيشومية نامية فى الغابات المخروطية . فعلى سبيل المثال قدر Richardson (1970) القدرة الإنتاجية الكلية لغابة مخروطية من أشجار الصنوبر فى اسكوتلاندا بين ٢٥٠ و ٥٠٠ ألف جسم ثمرى لكل هكتار سنويًا . وكان معظم هذا الإنتاج خلال شهرى أغسطس وسبتمبر .

ولا يقتصر نشاط فطريات عيش الغراب السابقة من الجنس *Marasmius* على تحليل أوراق الأشجار الصنوبرية فى المناطق المناخية الباردة ، ولكن تنشط بعض أنواعه على قمم الأشجار فى غابات المناطق الاستوائية فى تحليل الأوراق والفروع الميتة ، وذلك عن طريق نمو الأشكال الجذرية لهذا الفطر ، ولكن بطريقة مبتكرة .

فعلى سبيل المثال، تنتشر هذه الأشكال الجذرية على قمم أشجار الغابات الاستوائية فى الاكوادور ، حيث قدر (1990) Hedger طول الأشكال الجذرية المتكونة فى هكتار واحد من الغابة بحوالى ١٨٠ كيلومتر ، استطاعت اصطياد كمية من أوراق الأشجار والأغصان الميتة قدرها ٢٥٠ كيلو جرام تقريباً .

وتنتج هذه الأشكال الجذرية أجساما ثمرية دقيقةالحجم للفطر *Marasmius crinisequi* ؛ الذى يتميز بإنتاج أشكال جذرية هوائية ممتدة تظهر عليها أجسام ثمرية دقيقة ذات لون بنى مصفر أو برتقالى .

ومن الأنواع الأخرى التى شوهدت الفطر *M. nigrobrunneus* الذى ينتج أشكالا جذرية هوائية أكثر سمكا من الفطر السابق ، سوداء اللون ، تحمل أجساما ثمرية بنية رمادية .

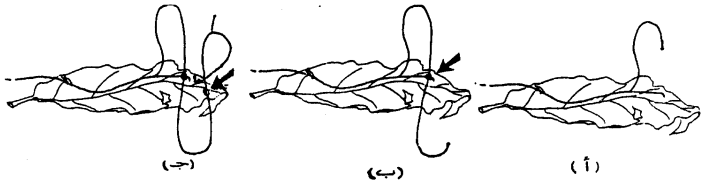
وتنتشر الأشكال الجذرية للفطر *M. nigrobrunneus* فى غابات الاكوارود الاستوائية، لدرجة أن طيور الطنان Humming brids تقوم بجمعها لبناء عشوشها منها . وتستكمل هذه الأشكال الجذرية نموها داخل عشوش هذا الطائر مكونة أجساما ثمرية رهيفة ، تجعل من عش الطائر حديقة معلقة من ثمار عيش الغراب .

وتتميز فطريات عيش الغراب السابقة من الجنس *Marasimus* بالية مبتكرة لالتقاط أوراق الأشجار والفروع الميتة التى يدفعها الهواء ، حيث يتم ذلك عن طريق نسج مصيدة محكمة على هيئة شباك من الأشكال الجذرية ، تتدلى من أوراق قمم الأشجار فى تلك الغابات الاستوائية ، بعيدا عن منافسة الفطريات الأخرى على أرض الغابة .

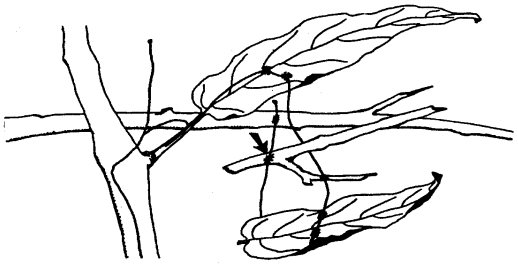
ويتم تكوين تلك المصائد الشبكية عن طريق نمو خيط من الشكل الجذرى لأحد فطريات عيش الغراب التابعة للجنس *Marasmius* ، حيث يأخذ مساره على طول العرق الوسطى لأحد أوراق الشجرة حتى قرب نهايتها ، ثم يتوقف عن النمو متجها إلى أعلى فى نمو رأسى لمسافة قصيرة ، ثم يعود ليتدلى إلى أسفل حتى يقابل النمو الافقى للشكل الجذرى على سطح الورقة مرة أخرى .

ويعود الشكل الجذرى ليستكمل نموه لأسفل ، مكونا لفة أخرى ، ويعود مرة ثالثة إلى سطح الورقة ليقابل النمو الأفقى السابق ، وهكذا حتى تتكون عدة حلقات من الشكل الجذرى تأخذ فى النهاية شكلا شبكيًا (شكل ٥ – ٢٦) . وتقوم هذه الشبكة باصطياد أوراق الأشجار والأغصان الميتة (شكل ٥ – ٢٧) .

وتدل التراكيب الفطرية السابقة والسلوك غير المألوف للأشكال الجذرية على مدى تأقلم بعض فطريات عيش الغراب القاطنة لسطوح أوراق قمم الأشجار الاستوائية على النمو واصطياد غذائها من الأوراق والفروع الميتة .



شكل (٥ – ٢٦) : رسم يوضح مراحل نمو الشكل الجذرى أفقيا على سطح ورقة حية من أوراق الأشجار، ثم نمو فرع من الشكل الجذرى عموديا لأعلى ثم عودته لأسفل (أ) حيث يلتقى مرة أخرى بالنمو الأفقى على سطح الورقة (ب) ، ويعود الشكل الجذرى للنمو الرأسى لأسفل والعودة إلى سطح الورقة مرة أخرى (جـ) ، حتى يتم تكوين شبكة من النموات فى فترة حوالى أسبوع (طول الخط الأسود عند جـ = سنتيمترا واحدا) .



شكل (٥ – ٢٧) : رسم يوضح المرحلة النهائية لتكوين حلقة صائدة لأوراق الأشجار والأغصان الميتة التى تتعلق بالأشكال الجذرية لفطر عيش الغراب (*Marasmius* spp.) القاطن لأعالى الأشجار فى الغابات الاستوائية . لاحظ نمو هيفات الفطر من الأشكال الجذرية على الورقة الميتة والغصن الميت (المسهم) .

عشرون - المراجع References :

Abdel-Fattah, H. M.; A. H. Moubasher and S. I. Abdel Hafez (1977). Fungus flora root and leaf surface of broad bean cultivated in oases, Egypt. Naturalia monspleliensia, Ser. Bot. 27 : 167 - 177 .

Abd El-Hafez, S. I. I. (1981). Phyllosphere fungi of wheat cultivated in Saudi Arabia. Mycopathologia, 75 : 33 - 38.

Abd El-Wahab A. M. (1975). Phyllosphere microflora of some Egyptian plants. Folia Microbial 20 (3) : 236 - 245.

Ahmed, M. A. (1983). Untersuchungen zur Mikroflora der Phyllosphaere von Gerste. Disseration, Goerge, August Universitat, Gottingen, West Germany pp. 160.

Ahmed, M. A. (1988 a). Behaviour of phyllosphere fungi on maize leaves in Egypt. Proc. 2nd Conf. Agric. Develop. Res. Cairo, III. Pp. 57 - 70 .

Ahmed, M. A. (1988 b). Effect of phyllospheric fungi on the acceleration of leaf senescence on maize in relation to *Drechslera maydis*. Proc. 2nd Conf. Agric. Develop. Res. Cairo III. pp. 71 - 82 .

Ahmed, M. A. and E. A. Saleh (1987). Phyllosphere microflora of tomato leaves and their antagonistic activity against *Alternaria solani* Proc. 1st Conf. Agric. Develop. Res. Cairo 4 : 106 - 122 .

Ali, M. I. ; A. H. Abu-Zinada and Z. Al-Marsharawi (1977). Survey of air-borne mould flora at Riyad, Saudi Arabia. Bulletin of the Faculty of Science, Riyad University, 215 - 228 .

Bary, A. de. (1866). Morphology and physiology of the fungi, lichens and myxomycetes. In Ecology of leaf surface microorganisms (Ed. Preece, T. F. and C. H. Dickinson 1971), 445 .

Bary, A. de. (1887). Comparative morphology and biology of the fungi, mycetozoa and bacteria. Clarendon Press, Oxford. In Ecology of leaf surface micoorganisms (Ed. Preece , T. F. and C. H. Dickinson, 1971), 431 .

Bashi, E. and N. J. Fokkema (1977). Environmental factors limiting growth of *Sporobolomyces roseus*, an antagonist of *Cochliobolus sativus*, on wheat leaves. Trans. Br. mycol. Soc. 68 (1) : 17 - 25 .

Beech, F. W. and R. R. Davenport (1971). A survey of methods for the quantitative examination of the yeast flora of apple and grape leaves. In Ecology of leaf surface microorganisms (Ed. Preece, T. F. and C. H. Dickinson), 139 - 157 .

Bell, M. K. (1974). Decomposition of herbaceous litter. In " Biology of plant litter decomposition " vol. I (Ed. Dickinson, C. H. and G. J. F. Pugh), 37 - 67.

Bessems, E. P. M. (1974). Nitrogen fixation in the phyllosphere of gramineae-Agric Res. Epts. 786, Center of Agric. Pub. Domcuentation, Wageningen.

Bewley, R. J. F. and R. Campbell (1980). Influence of zinc, lead and cadmium pollulants on the microflora of hawthon leaves. Microbial Ecology, 6 : 227 - 240.

Blakeman, J. P. (1972) . Effect of plant age on inhibition of *Botrytis cinerea* spores by bacteria on beetroot leaves. Physiol. Pl. Path. 2 . 143 - 152 .

Blakeman, J. P. and A. K. Fraser (1971) . Physiol. Pl. Path. 1 . 45 .

Bollard, E. G. (1960) . Transport in the Xylem. A. Rev. Pl. Physiol. 11 . 141 - 166 .

Bride, Mc R. P. and A. J. Hayes (1977) . Phylloplane of European Larch. Trans. Br. mycol. Soc. 69 (1) . 39 - 46 .

Brooks, F. T. and C. G. Hansford (1923) . Mould growths upon coldstore meat. Trans. Br. mycol. Soc., 8 : 113 - 142 .

Bruehl, G. W. and P. Lai (1966) . Prior colonization as a factor in the saprophytic survival of seven fungi in wheat strow. Phytopathology 56 : 766 - 768 .

Buckley, N. G. and G. J. F. Pugh (1971) . Auxin production by phylloplane fungi. Nature. 231 : 332 .

Burchill, R. T. and R. T. A. Cook (1971) . The interaction of urea and microorganisms in suppressing the development of perithecia of *Venturia inaequalis* (Cke) . Wint. In Ecology of leaf surface microorganisms. (Ed. Preece, T. F. and C. H. Dickinson) . 471 - 483 .

Chang, Y. and H. J. Hudson (1967) . The fungi of wheat strow compost. I. Ecological studies. Trans. Brit. mycol. Soc. 50 : 649 - 666 .

Cooke, W. B. (1960) . Mycopath. Mycol. Appl., 11 : 1 .

Couey, H. M. (1965) . Inhibition of germination of *Alternaria* spores by sulphur dioxid under various moisture conditions. Phytopathology 55 : 525 - 527 .

Couey, H. M. and M. Uota (1961) . Effect of concentration, exposure time, temperature and relative humidity on the toxicity of sulphur dioxide to the spores of *Botrytis cinerea* . Phytopathology 51 : 815 - 819 .

Dhanraj, K. S. (1970) . *Alternaria* leaf blotch. Indian Phytopathology, 23 : 116 - 117 .

Dickinson, C. H. (1965) . The mycoflora associated with *Halimione portulacoides* III. Fungi on green and moribund leaves. Trans. Br. mycol. Soc. 48 : 603 - 610 .

Dickinson, C. H. (1967) . Fungal colonization of *Pisum* leaves. Can. J. Bot., 45 : 915 - 927 .

Dickinson, C. H. (1971) . Cultural studies of lef saprophytes. In Ecology of leaf surface microorganisms. (Ed. Preece, T. F. and C. H. Dickinson) , 129 - 137 .

Dickinson, C. H. (1973) . Interactions of fungicides and leaf saprophytes. Pestic. Sci, 4 : 563 - 574 .

Dickinson, C. H. (1978) . Factors affecting microbial growth in the phylloplane. 3rd International Congress of Plant Pathology, Munchen, 102.

Dickinson, C. H. (1981) . Biology of *Alternaria alternata* , *Cladosporium cladosporioides* and *C. herbarum* in respect of their activity on green leaves. In Microbial Ecology of the Phylloplane. (Ed. Blakman, J. P.) pp. 169 - 184 . London. Academic Pess.

Dickinson, C. H. and D. Bottomley (1980). Germination and growth of *Alternaria* and *Cladosporium* in relation to their activity in the phylloplane. Trans. Br. mycol. Soc. 74 (2) : 309 - 319 .

Dickinson, C. H. and J. O'Donnell (1977). Behaviour of phylloplane fungi on *Phaseolus* leaves. Trans. Br. mycol. Soc. 68 (2) : 193 - 199 .

Diem, H. G. (1971). effect of Low Humidity on the survival of germinated spores commonly found in the phyllosphere. In T. F. Preece and C. H. Dickinson (Eds.). Ecology of Leaf Surface Microorganisms. pp. 211 - 219 . Academic Press. London.

O'Donell,J. and C. H. Dickinson (1980). Pathogenicity of *Alternaria* and *Cladosporium* isolates on *Phaseolus*. Trans. Br. mycol. Soc. 74 (2) : 335 - 342 .

Ellis, M. B. (1971). *Dematiaceous* Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institut. Kew England .

Fokkema, N. J. (1968). The influence of pollen on the development of *Cladosporium herbaum* in the phyllosphere of rye. Neth. J. Pl. Path., 74 : 159 - 165 .

Fokkema, N. J. (1971). The influence of pollen on saprophytic and pathogenic fungi on the leaves. In Ecology of leaf-surface microorganisms (Preece, T. F. and Dickinson, C. H. Eds). pp. 277 - 282 . Academic Press. London .

Fokkema, N. J. (1973). The role of saprophytic fungi in antagonism against *Drechslera sorokiniana* (*Helminthosporium sativum*) on agar plates and on rye leaves with pollen. Physiological Plant Pathology. 3 : 195 - 205 .

Fokkema, N. J. (1976). Antagonism between fungal sparophytes and pathogens on aerial plant surfaces. In Microbiology of aerial plant surfaces (Ed. Dickinson, C. H. and T. F. Preece, 1976). 487 - 506 .

Fokkema, N. J. (1978) Fungal antagonisms in the phyllosphere. Ann. Appl. Biol. 89 : 115 - 142 .

Fokkema, N. J. (1981). Fungal leaf saprophytes, beneficial or detrimental ? In Microbial Ecology of the Phylloplane (Ed. Blackman, J. P. 1981) Academic Press. 432 - 454 .

Fokkema, N. J. ; J. G. den Houter ; Y. J. C. Kostermann ; A. L. Nelis (1979). Manipulation of yeasts on field-grown wheat leaves and their antagonistic effect on *Cochliobolus sativus* and *Septoria nodorum*. Trans. Br. mycol. Soc. 72 (1) : 19-29.

Fokkema, N. J. and J. W. Lorbeer (1974). Interaction between *Alternaria porri* and the saprophytic mycoflora of onion leaves. Phytopathology. 64 : 1128 - 1133 .

Gadd, G. M. (1983). The use of solid medium to study effect of Cadmium, Copper and Zinc on yeasts and yeast-like fungi applicability and limitions. Journal of Applied Bacteriology. 54 : 57 - 62 .

Gadd, G. M. (1984). Effect of Copper on *Aureobasidium pullulans* behaviour. Trans. Br. mycol. Soc., 82 : 546 - 549 .

Gadd, G. M. and A. J. Griffiths (1980). Influence of phyllosphere on toxicity and uptake of copper in *Aureobasidium pullulans* . Trans. Br. mycol. Soc., 75 : 91 - 96 .

Garrett, S. D. (1963). Soil fungi and soil fertility. 165 pp. Pergamon Press. London .

Hallam, N. D. and B. E. Juniper (1971) . The anatomy of leaf surface , In. T. F. Preece and C. H. Dickinson (Eds.) : Ecology of Leaf Surface Microorganisms. pp. 3 - 37 Academic Press. London.

Heather, W. A. (1967) . Leaf characters of *Eucalyptus bistata* Maiden et al., seedlings affecting the deposition and germination of spores of *Plaeoseptoria eucalypti* (Hansf.) Walker. Aus. J. Biol. Sci. 20 : 1155 - 1160 .

Hedger, J. (1990) . Fungi in the tropical forest canopy. The Mycologist. 4 (4) : 200 - 202

Heinen, W. and H. de Vries (1966) . Stages during the breakdown of plant cutin by soil micro-organisms. Arch. Microbiol. . 54 : 331 - 338 .

Hering, T. F. (1967) . Fungal decomposition of oak leaf litter. Trans. Br. Mycol. Soc. 50 : 267 - 273 .

Hirst, J. M. and O. J. Stedman (1963) . The liberation of fungus spores by rain drops. J. Gen. Microbiol. 33 : 335 .

Hislop, E. C. (1971) . Side effects of pesticides. The effect of fungicides on the epiphytic micro-flora. Scientific Horticulture. 23 : 143 - 147 .

Hislop, E. C. and T. W. Cox (1969) . Effects of captan on the nonparasitic microflora of apple leaves. Trans. Bc. mycol. Soc. 52 (2) : 223 - 235 .

Hudson, H. J. (1968) . The ecology of fungi on plant remains above the soil. New Phytol. 67 : 837 - 874 .

Hudson, H. J. (1969) . *Aspergilli* in the air-spora at Cambridge. Trans. Br. mycol. Soc., 52 : 153 - 159 .

Hudson, H. J. (1971) . The development of the saprophytic fungal flora as leaves senesce and fall. In : Ecology of leaf surface (Eds. Preece, T. F. and Dickinson 1971) . 447 - 455 .

Hudson, H. J. (1986) . Fungal biology. II. Fungi as decomposers of leaves. pp. 57 - 83 . Edward Arnold (Pub.) . London.

Hudson, H. J. and J. Webster (1958) : Succession of fungi on decayin stems of *Agropyron repens* . Trans. Br. mycol. Soc., 41 : 165 - 177 .

Huguelet, J. E. and R. L. Kiesling (1973) . Influence of inoculm composition on the black point disease of durum wheat. Phytopathology. 63 : 1220 - 1225 .

Hyde, H. A. and D. A. Williams (1953) . The incidence of *Cladosporium herbarum* in the outdoor of Cardiff, 1949 - 1950. Tarns Br. mycol. Soc., 36 : 260 - 266 .

Joffe, A. Z. (1963) . The mycoflora of a continously cropped soil in Israel with special reference to effects of manuring and fertilizing. Mycologia 55 : 271 - 282.

Kamal and C. S. Singh (1970) . Succession of fungi on decaying leaves of some pteridophytes. Ann. Inst. Pasteur. 119 : 468 - 482 .

Kerling, L. C. P. (1958) . De microflora op het Blad van *Beta vulgaris*. Tijdschrift over Plantenziekten. 64 : 402 - 410 .

Kern, H. and S. Naff-Roth (1965) . Zur Bildung phytotoxischer Farbstoffe durch *Fusarien* der Gruppe Martiella. Phytopath. Z : 53 : 45 .

Khayria, A. (1978) . Studies on the phyllosphere and the phylloplane mycoflora of some plants. M. Sc. Thesis, Bot. Dept. Faculty of Science, Assiut University, Egypt.

Klug, M. J. and A. J. Markovetz (1971) . Utilization of aliphatic hydrocarbons by micro-organisms. Adv. microb. Physiol., 5 : 1 - 39 .

Korpradiskul, V. (1981) . Effect of herbicides on rapeseed (*Brassica napus* L. var. *oleifera* Metzger.) . phyllosphere micro-organisms and *Phoma lingam* (Tode ex Fr.) Desm under laboratory, greenhouse and field conditions. Dissertation Gottingen.

Kuthubutheen, A. J. and G. J. F. Pugh (1978) . Effect of fungicides on phsiology of phylloplane fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 71 (2) : 261 - 269 .

Last, F. T. (1955 a) . Seasonal incidence of *Sporobolomyces* on cereal leaves. Trans. Br. Mycol. Soc., 38 : 221 - 239 .

Last, F. T. (1955 b) . Spore content of air within and above mildew infected cereal crops. Trans. Br. mycol. Soc., 38 : 453 - 464 .

Leben, C. (1971) . The bud in relation to the epiphytic microflora. In T. T. Preece and C. H. Dickinson (Eds.) . Ecology of leaf surface microorganisms. pp. 117 - 127 . Academic Press. London.

Lindsey, B. I. (1976) . A survey of methods used in the study of microfungal succession of leaf surfaces In : Microbiology of erial plant surfaces (Ed. C. H. Dickinson and T. F. Preece) . Academic press. London. 217 - 222 .

Macauley, B. J: and L. B. Thrower (1966) . Succession of fungi in leaf litter of *Eucalyptus regans*. Trans. Br. mycol. Soc., 49 : 509 - 520 .

Malone, J. P. and A. E. Muskett (1964) . Seed-borne fungi. Proc. Int. Seed Testing Assoc., 29 : 179 - 384 .

Manners, J. G. (1971) . Spore formation by certain pathogens in infected leaves. In T. F. Preece and C. H. Dickinson (Eds.) . Ecology of leaf surface microorganisms. pp. 339 - 352 . Academic Press. London.

Mappes, C. J. and M. Hampel (1977) . Yield responses of winter barley to late fungicide treatments. Proc. Br. Conf. Pest and Diseases. 49 - 55 .

Mc Coy, R. E. and A. W. Dimock (1971) . A scotch tape method for the trapping and examination of airborne spores. Pl. Dis. Report. 55 : 832 - 834 .

Menna, M. E. Di (1959) . Yeasts from the leaves of pasture plants. N. Z. J. Agric Res. 2 : 394 - 405 .

Menna, M. E. Di (1971) . The mycoflora of leaves of pasture plants in New Zealand In : T. F. Preece and C. H. Dickinson (Eds.) . Ecology of Leaf Surface Microorganisms. pp. 159 - 174. Academic Press. London.

Mishra, R. R. and R. P. Tewari (1979) . Studies on phyllosphere microflora effect of antibiotics and fungicides on leaf surface fungi and bacteria. Acta Botanica India, 7 : 57 - 63 .

Mitchell, C. A. (1968) . M. Sc. Thesis, cornell Univ. Ithaca, N. Y.

Moore, K. and P. Lovell (1970) . Chlorophyll content and the pattern of yellowing in senescent leaves. Annals of Botany, 34 : 1097 .

Moubasher, A. H. and A. F. Moustafa (1974) . Air-borne fungi at Assiut, Egypt. The Egyptian Journal of Botany. 17 : 135 - 149 .

Moubasher, A. H. ; M. A. Elnaghy and H. M. Abd El-Fattah (1971) . Citrus plantation fungi in upper Egypt. Trans. Br. mycol. Soc., 57 (2) : 289 - 294 .

Moustafa, A. E. (1971) . Studies on Egyptian fungi in soil and air. Ph. D. Thesis, Bot Dept. Faculty of Science. Assiut Univ. Egypt.

Moustafa, A. E. and S. M. Kamel (1976) . A study of fungal spore population in the atmosphere of Kuwait. Mycopathologia. 59 : 29 - 35 .

Mowll, J. L. and G. M. Gadd (1984) . Cadmium uptake by *Aureobasidium pullulons* . Journal of General Microbiology . 130 : 279 - 284 .

Mowll, J. L. and G. M. Gadd (1985) . Effect of vehicular lead pollution on phylloplane mycoflora. Trans. Br. mycol. Soc., 84 (4): 685 - 689 .

Pace, M. A. and R. Compbell (1974) . The effect of saprophytes on infection of leaves of *Brassica* spp. by *Alternaria brassicicola*. Trans. Br. mycol. Soc., 63 . 193 - 196 .

Pady, S. M. and L. Kapica (1956) . Fungi in air masses over Montreal during 1950 - 1951 . Canadian Journal of Botany. 34 : 1 - 15 .

Parbery, I. H. ; J. F. Brown and V. J. Bofinger (1981) . Statistical methods in the analysis of phylloplane populations. In Microbial ecology of the phylloplane (Ed. Blakeman, J. P.) Academic Press - New York. 47 - 65 .

Pawsey, R. G. and L. A. Heath (1964) . An investigation of the spore population of the air at Nottingham. I. The results of petri-dish trapping over one year. Trans. Br. mycol. Soc., 47 : 351 - 355 .

Petrini, O. ; E. Muller and M. Luginbuhl (1979) . Pilze als Endophyten von grunen Pflanzen . Naturwissenschaften. 66 : 262 - 263 .

Phaff, H. J. (1971) . Structure and biosynthesis of the yeast cell envelope. In the yeasts, Vol. II. Physiology and biochemistry of yeasts (Ed. Rose, A. H. and J. S. Harrison) . Academic Press. London - New York. 135 - 210 .

Pierson, C. F. (1966) . Effect of temperature on the growth of *Rhizopus stolonifer* on peaches and on agar. Phytopathology. 56 : 276 - 278 .

Potter, M. C. (1910) . Bacteria in their relation to plant pathology. Trans. Br. mycol. Soc., 3 : 150 - 168 .

Pugh, G. J. F. and N. G. Buckley (1971) . *Aureobasidium pullulans* . An endophyte in sycamore and other trees. Trans. Br. mycol. Soc., 57 (2) : 227 - 231 .

Pugh, G. J. F. and N. G. Buckley (1977) . The leaf surface as a substrate for colonization by fungi. In : Ecology of leaf surface microorganisms (Ed. Preece, T. F. and C. H. Dickinson) . Academic Press. London - New York. 1977. 431 - 446 .

Raafat, A. ; M. A. Ahmed and S. H. El-Deeb (1988) . Effect of nitrogen fertilization, micronutrients and CCC on the surface microbial balance of wheat flag leaf and its mineral composition in relation to yield and disease infection. Pproc. 2nd Conf. Agric. Develop. Res. Cairo, III : 83 .

Rai, B. and D. B. Singh (1980) . Antagonistic activity of some leaf surface microfung, agnst *Alternaria brassicae* and *Drechslera graminea* . Trans. Br. mycol. Soc. 75 (3) : 363 - 369 .

Richards. M. (1956) . A census of mould spores in the air over Britain in 1952 Trans. Br. mycol. Soc., 39 : 431 - 441 .

Robinson. R. K. (1967) . Ecology of the fungi. English Universities Press. (Modern Biology Series) . London .

Ruinen. J. (1961) . The phyllosphere. I. An ecologically negleted milieu. Plant and Soil. 15 : 81 - 109 .

Ruinen. J. (1966) . The Phyllosphers. II. Cuticle decompsition by micro-organisms in the phyllosphere. Annals del Inste Pasteur. Paris 111 : 342 - 346 .

Ruinen. J. (1970) . The phyllosphere. V. The grass sheath, a habitat for nitrogen fixing microorganisms. Pl. Soil. 33 : 661 - 671 .

Ruscoe. Q. W. (1971) : Mycoflora of living and dead leaves of *Nothofaqus truncata* . Trans. Br. mycol. Soc., 56 (3) : 463 - 474 .

Saad. S. I. (1958) . Studies in atmospheric pollen grains and fungus pores at Alexandria. II. Pollen and spore deposition in relation to weather conditions and diurnal variation in the incidence of pollen. Egypt. J. Bot., 1 : 63 - 79 .

Saunders. P. J. W. (1966) . The toxicity of sulphur dioxide to *Diplocarpon rosae* Wolf. causing blakspot of roses. Ann. appl. Biol. 58 : 103 - 114 .

Sharma. K. R. and K. G. Mukerji (1972) . Succession of fungi on cotton leaves. Ann. Inst. Pasteur 112 : 425 - 454 .

Sharma. K. R. and K. G. Mukerji (1973) . Microbial colonization of aerial Parts of plants. A review. Acta phytopathologica Academica Scientiarum, Hungaricae. 8 (3 - 4) : 430 .

Siddaramaiah. A. L. ; S. Kulkarni and S. A. Hosamani (1979) . A new leaf spot disease of buck wheat in India. Current Science. 48 - 317 .

Siu. R. G. H. (1951) . Microbial decomposition of cellulose. Rhinehalt Publ. Corp., New York .

Skidmore. A. M. (1976) . Interactions in relation to biological control of plant pathogens (In Microbiology of Aerial Plant Surfaces. C. H. Dickinson and T. F. Preece. Eds.) pp. 507 - 528 Academic Press. London.

Skidmore. A. M and C. H. Dickinson (1973) . Effect of phylloplane fungi on the senescence of excised barley leaves. Trans. Br. mycol. Soc. 60 (1) : 107 - 116 .

Sparrow. F. K. ; J. R. (1960) . Aquatic phycomycetes. Univ. of Michigan. Ann Arbor.

Sreeramulu. T. and V. Seshavataram (1962) . Spore content of air over paddy fields. I Changes in a field near Pentapadu from 21 September to 31 December 1957 . Indian Phytopath., 15 : 61 - 74 .

Stavely. J. R. ; G. W. Pittarelli and G. B. Lucas (1971) . Reaction of *Nicotiana* species to *Alternaria alternata* . Phytopathology, 61 : 541 - 545 .

Stocking, G. R. (1956) . Guttation and bleeding. Handb. Pfl. Physiol., 3 : 489 - 502 .

Stott, M. A. . (1971) . Studies on the physiology of some leaf saprophytes. In Ecology of leaf surface micro-organisms (Ed. Preece, T. F. and C. H. Dickinson) . 203 - 210 .

Sutton, O. G. (1953) . Micrometerology. Mc. Graw Hill, New York .

Sykes, G. and F. A. Skinner (1973) . Actinomycetales . characteristics and practical importance. published for the society for Applied Bacteriology by Academic Press. London and New York. 243 - 245 .

Tedders, W. L. and J. S. Smith (1976) . Shading effect on Peacan by sooty mould growth. J. Econ. Ent., 69 : 551 - 553 .

Togashi, K. (1949) . Biological characters of plant pathogens temperature relations. Meikundo, Tokyo .

Torras, M. A. C. : J. G. Artigas ; G. S. Fernandez and C. Romirez (1980 a) . Air-borne fungi in Barcelona city (Spain) . A two-year study (1976 - 1978) . Mycopathologia, 71 : 89 - 93 .

Torras, M. A. C. ; J. G. Artigas, G. S. Fernandez and C. Romirez (1980b) . Air-borne fungi in the air of Barcelona city (Spain) . 4. Various isolated genra. Mycopathologia, 71 : 119 - 123 .

Tsao, P. H. (1970) . Selective media for isolation of pathogenic fungi. Ann. Rev. Phytopath. 8 : 157 - 186 .

Tubaki, K. and T. Yokoyama (1971) . The fungal flora developing on sterilized leaves placed in the litter of Japanese forests. In T. F. Preece and C. H. Dickinson (Eds.) . Ecology of Leaf Surface Microorganisms. pp. 457 - 461 . Academic Press. London .

Tukey H. B. (1971) . Leaching of substances from plants. In. Ecology of Leaf Surface (Ed. Preece, T. F. and C. H. Dickinson) . 1971 . 67 - 80 .

Turner, P. D. (1966) . The fungal air spora of Hong Kong as detemined by the agar plate method. Trans. Br. mycol. Soc. 49 : 255 - 267 .

Tyagi, U. K. and S. K. Chauhan (1984) . Age and cultivars of Chili *Capsicum annuum* in relation to phylloplane mycoflora and leaf exudates. Biol. Abst., 78 (12) : 10152 - 90506 .

Valadon, L. R. G. and E. Lodge (1970) . Auxin and other compounds of *Cladosporiun herbarum* . Trans. Br. mycol. Soc., 55 (1) : 9 - 15 .

Warren, R. C. (1972) . The effect of pollen on the fungal leaf microflora of *Beta vulgaris* L. and on infection of leaves by *Phoma betae* . Netherlands Journal of Plant Pathology, 78 : 89 - 98 .

Warren, R. C. (1973) . Green space of air population control. Tech. Rep. (50) - School of Forestry Res., North Carolina .

Webster, J. and N. J. Dix (1960) . Succession of fungi on decaying cocksfoot culms. Trans. Brit. mycol. Soc. 43 : 85 - 99 .

Wilson, A. R. (1960) . Rep. Scot. Hort. Res. Inst. 1959 - 60, 54 - 59 .

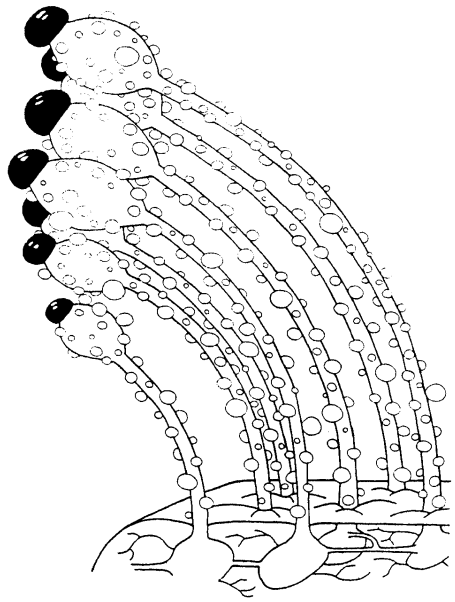
Yadav, A. S. and M. F. Madelin (1968) . The ecology of microfungi on decaying of *Urtica dioica*. Trans. Br. mycol Soc. 51 : 249 - 259 .

Yoshida, T. (1976) . Biological nitrogen fixation in the biosphere. FAO/SIDA-Workshop on organic materials as fertilizers in Asia. 20 Oct. - 5 Nov. 1976 .

Zaky, M. K. (1960) . Studies on the dessimination of pollen grains and spores the Cairo area. M. Sc. Thesis. Cairo University.

Zwatz, B. (1976) . Getreideschwarze - Starkes Auftreten. Der Pflanzenarzt. 29 : 103 - 104 .

الباب السادس



فطريات الروث

الباب السادس
فطريات الروث
Coprophilous Fungi

مقدمة :

يعتبر روث الحيوانات الاكلة العشب مادةً عضوية غنية صالحة لنمو عددٍ كبير من الفطريات التى تجد فيه بيئة مناسبة لنموها وتكاثرها . ويحتوى الروث على البقايا غير المهضومة من الأعشاب التى تتغذى عليها هذه الحيوانات ، وكذلك الحال فى زرق الطيور ، وقطيرات براز بعض مفصليات الأرجل والحيوانات الأخرى اللافقارية .

وتوجد – عادةً – فى الروث كميات عالية نسبيا من المواد الكربوهيدراتية القابلة للاستفادة بواسطة هذه الفطريات ، موجودة فى صورة مواد عضويةٍ قابلةٍ للذوبان فى الماء، بالإضافة إلى هيميسليلوز، وأيضا مواد غير ذائبةٍ؛ مثل السيليلوز واللجنين.

ويحتوى الروث على نسبةٍ عاليةٍ من النتروجين ، قد تصل إلى أعلى من ٤٪ ، معظمه ناتج من تحلل الأعداد الضخمة من العشائر البكتيرية والبروتوزوا خلال مراحل الهضم . ويعتبر الروث غنيًا فى محتواه من الفيتامينات والأملاح المعدنية والمواد المشجعة للنمو growth factors ؛ التى يتم تخليقها بواسطة بعض الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى القناة الهضمية لهذه الحيوانات .

وتتوقف طبيعة الروث على مراحل هضم الحيوان لغذائه من الأعشاب ، الذى يؤثر فى العشائر الميكروبية الموجودة فى قناته الهضمية ويتأثر بها . فعلى سبيل المثال ، تنتج الأبقار – وغيرها من الحيوانات المجترة – روثا مهضوما هضما جيدا ، يتميز بأليافه القصيرة المتحللة ، بينما تعتبر الخيول أقل كفاءة فى نظامها الهضمى ؛ حيث تنتج روثا ذا ألياف طويلة خشنة ، وتنتج الأرانب كتلا صغيرة من البراز ذات

محتوى مائى قليل نسبيا ، وكلما قل المحتوى المائى للروث ، تخلله الهواء بسهولة ؛ حيث تعمل وفرة الأكسوجين على تنفس هيفات الفطر داخل كتل الروث وزيادة نموها .

وللروث قدرة عالية على الاحتفاظ بالماء ، ولكن هذه القدرة تقل مع الوقت ، وقد تصل قدرة احتفاظ الروث بالماء إلى أكثر من ٧٠٠ ٪ من وزنه الجاف ، بينما يصل رقم حموضة الروث إلى أعلى من ٦,٥ ؛ أى إنه يميل قليلا إلى الحموضة .

وبالنسبة إلى التركيب الطبيعى للروث، فهو يتركب من ألياف قصيرة من متخلفات هضم الأعشاب المستخدمة فى تغذية الحيوان ، مغمورة فى مادة مخاطية لزجة ، هذا بالإضافة إلى كمية لا بأس بها من كرات الدم الحمراء التالفة والعصارات الهاضمة ؛ مثل عصارة المرارة .

وعلى ذلك يعتبر روث هذه الحيوانات مادة عضوية شديدة التخصص ، وعالية التعقيد ، وهى مناسبة لنمو بعض الفطريات دون الأخرى . فعلى سبيل المثال ، يوجد فى الروث مركب عضوى حديدى organo-iron compound عبارة عن عامل نمو يسمى كوبروجين coprogen ، يتخصص فى تشجيع نمو هيفات الفطر *Coprinus* وتكوين أعضائه التكاثرية (الأكياس الإسبورانجية sporangia) ؛ حيث يتم تخليق هذا المركب بواسطة بعض الأكتينوميسيتات والبكتيريا والفطريات الموجودة فى الروث .

وتضم فطريات الروث Coprophilous (Fimicolous) Fungi أفرادا من جميع المجاميع الرئيسية الفطرية ، فيما عدا الماستيجومايكوتات Mastigomycotina . ويتعاقب ظهور هذه الفطريات على الروث فتحلله ؛ وذلك عند وجوده فى مكان رطب جيد الإضاءة والتهوية . وتظهر التراكيب الجرثومية الرائعة لهذه الفطريات التى استطاعت أن تؤقلم نفسها للنمو والتكاثر على هذه البيئة الخاصة . ويوضح جدول (٦ – ١) المجاميع الرئيسية من فطريات الروث وأهم الأجناس التابعة لها .

ولقد تناول كثير من الباحثين دراسة فطريات الروث dung fungi ؛ وذلك من ناحية طريقة نموها وتتابع ظهورها ، والعلاقات الحيوية بين أنواعها المختلفة كالتضاد antagonism والتضافر synergism ، وأيضا مدى تخصصها فى النمو على روث الحيوانات المختلفة وتأقلمها على هذه البيئة المتخصصة .

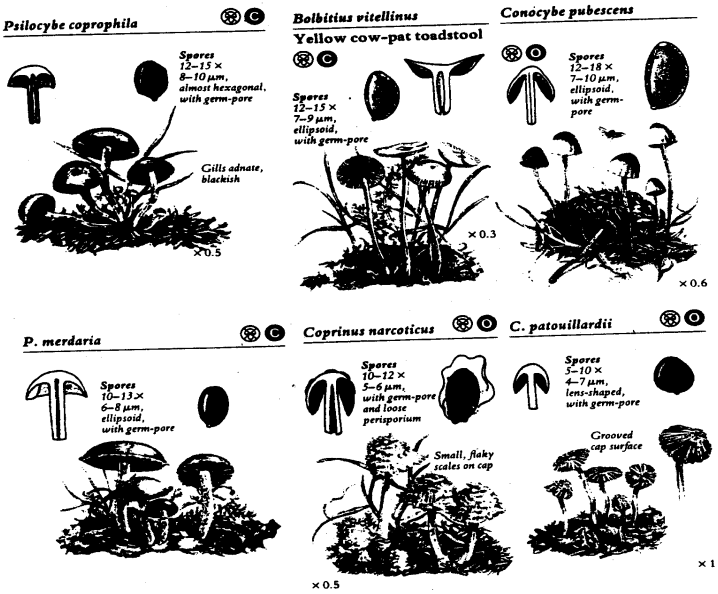
ويمكن دراسة هذه الفطريات بسهولة فى المعمل . ويعتبر روث أى حيوان عشبى مناسبا لإجراء مثل هذه الدراسة ؛ مثل روث الخيل ، أو كتل براز الأغنام

أو الأرانب . وتكفى كميات صغيرة من هذا الروث لدراسة مثل هذه الفطريات ، ولكن يجب أن يكون الروث طازجا وكاملا ؛ حيث يوضع فى إناء زجاجى فوق ورق ترشيح رطب ، وتفحص النموات الفطرية يوميا باستعمال عدسة مكبرة أو مجهر .

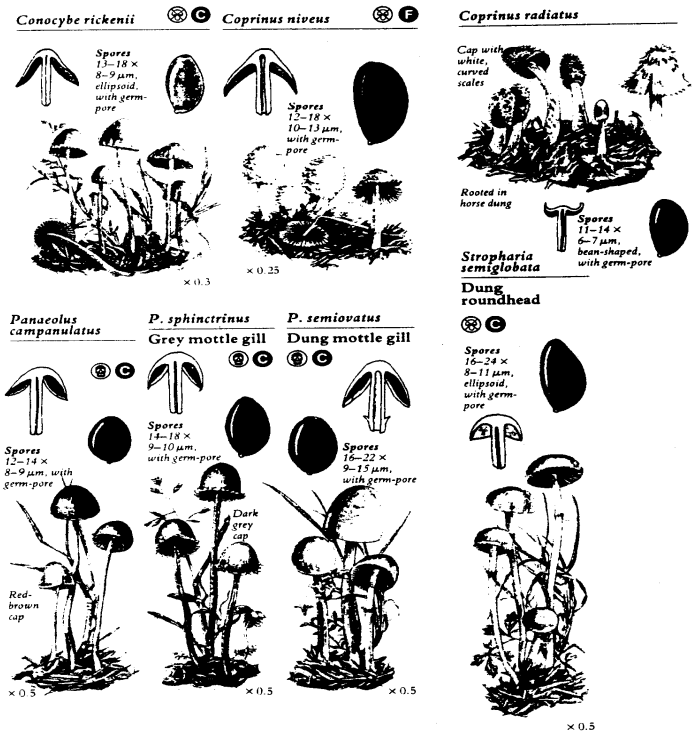
جدول (٦ - ١) : أهم الأجناس التابعة لفطريات الروث ، ووضعها التقسيمى. (عن Dix & Webster, 1995) .

الطائفة Class	الرتب التابعة لها Orders	أهم الأجناس Genera
١ - طائفة الفطريات الزيجية Zygomycetes	Mucorales	*Mucor* , *Phycomyces*, *Pilaira* , *Pilobolus* *Utharomyces*, *Chaetocladium*, *Piptocephalis*, *Syncephalis*, *Kickxella*
٢ - طائفة الفطريات الأسكية Ascomycetes	1. Pezizales	*Ascobolus*, *Iodophanus*, *Cheilymenia* *Coprobia* , *Lasiobolus*, *Ryparobius*, *Saccobolus*, *Thelebolus* .
	2. Sphaeriales	*Chaetomium*, *Coniochaeta* *Hypocopra*, *Lasiosordaria*, *Podospora*, *Poronia*, *Sordaria*.
	3. Pleosporales	*Delitschia* , *Trichodelitschia* *Sporormiella* .
	4. Microascales	*Viennotidia (Sphaeoraemella)* .
٣ - طائفة الفطريات البازيدية Basidiomycetes	Agaricales	*Bolbitius* , *Conocybe*, *Coprinus* , *Panaeolus* *Psathyrella* , *Psilocybe* , *Stropharia* .
	Nidulariales	*Sphaerobolus* , *Cyathus* .
٤ - طائفة الفطريات الناقصة Deuteromycetes	Moniliales	*Stilbella* , *Arthrobotrys*

ويبدأ ظهور الأطوار الجرثومية لهذه الفطريات بعد فترة تحضين قصيرة ؛ حيث يشاهد عالم رحب ملئ بالأشكال المختلفة والتراكيب الرائعة لفطريات جعلت من هذه البيئة موطنا لها ، ولا تعرف لنفسها موطنا اخر . ويستخدم لتعريف هذه الفطريات مفتاح وضعه الباحثان (Richardson & Watling (1968 ، 1969 ، وهو مازال مفيدا حتى الان للتعرف على الأنواع المختلفة من هذه الفطريات .



شكل (٦ – ١) : بعض فطريات عيش الغراب النامية على الروث .



شكل (٦ – ٢) : بعض فطريات عيش الغراب التامية على الروث .

أولا - تأقلم فطريات الروث مع بيئتها :

تختلف هذه الفطريات فيما بينها من الناحية التقسيمية اختلافا كبيرا ، ولكن يجمعها انها استطاعت – بمهارة فائقة – التأقلم مع الحياة فى هذه البيئة الخاصة ، مغيرة فى تراكيبها الفطرية وسلوكها العام ؛ بحيث يمكنها استكمال دورة حياتها بنجاح تحت هذه الظروف الصعبة التى لا يمكن لفطريات أخرى غيرها البقاء فيها .

فهذه الفطريات تقذف جراثيمها بقوة ، مستخدمة اليات مختلفة لتحقيق هذه الغاية . ويصل قذف الجراثيم إلى مسافات بعيدة نسبيا ، قد تصل إلى أربعة أمتار بعيدا عن المادة التى تنمو عليها الحوامل الجرثومية .

ولا يتم قذف هذه الجراثيم عشوائيا ، بل تقذف دائما ناحية مصدر الضوء ؛ حيث إن حوامل هذه الفطريات تنتحى ضوئيا phototropic ؛ وبذلك تجد الجراثيم الفطرية طريقها نحو التحرر ، مصطدمة بعد ذلك بما يحيط بها من نباتات وأعشاب تلتصق بها هذه الجراثيم .

وتتميز الحوامل الجرثومية لعديد من فطريات الروث بقدرتها الفائقة على الانتحاء الضوئى ؛ مثال ذلك الحوامل الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة *Pilobolus* ، وفى قمم الأكياس الأسكية التى تطلق جراثيمها الأسكية بقوة كما فى الجنس *Ascobolus* ، وأيضا فى سيقان أعناق الأجسام الثمرية الدورقية للفطر *Podospora* ، وكذلك فى سيقان الأجسام الثمرية البازيدية لفطر عيش الغراب ذى القبعة الحبرية *Coprinus* .

وتحتوى القذيفة التى تطلقها بعض فطريات الروث بعيدا فى الهواء على عديد من الجراثيم ، ففى فطر قاذف القبعة *Pilobolus* يقذف الفطر الكيس الأسبورانجى كله بقوة ، بينما فى الجنسين *Ascobolus* و *Podospora* يقذف الكيس الأسكى ثمانية جراثيم أسكية دفعة واحدة ، بما يشبه البندقية الالية . ويختلف حجم القذيفة الفطرية تبعا لنوعها ؛ فالأكياس الأسبورانجية كبيرة الحجم عادة ، بينما حجم الجراثيم الأسكية صغير نسبيا ، وكلما قلت حجم القذيفة انخفضت مقاومة الهواء وزادت مسافة قذفها فى الهواء .

وتتميز هذه القذائف الفطرية بلزوجة سطحها ، أو وجود بعض التراكيب الفطرية

اللزجة عليها ؛ حيث يساعدها ذلك على الالتصاق بسرعة بالأجسام الصلبة التى تحيط بها بمجرد الارتطام . وفى الطبيعة تلتصق هذه الوحدات الفطرية بأوراق وسيقان النباتات والأعشاب من حولها ؛ حيث يمكنها البقاء لفترات طويلة محتفظة بحيويتها ، وصامدة فى مكانها حتى تحت ظروف الأمطار الشديدة .

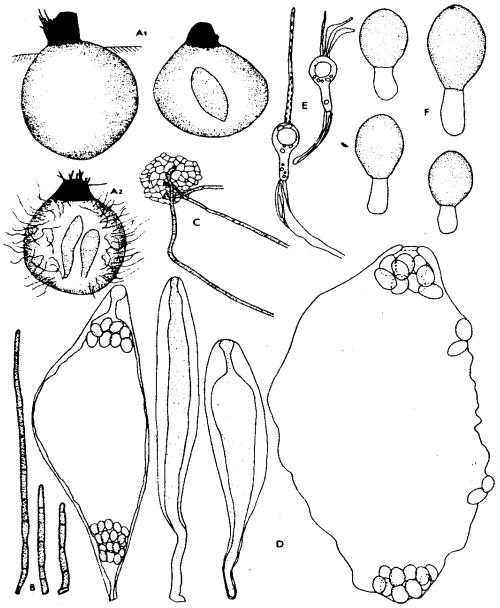
وعادة ما تكون جراثيم هذه الفطريات داكنة اللون ؛ فعلى سبيل المثال تتميز الجراثيم البازيدية للفطريات التابعة لرتبة الأجاريكالات – التى تنمو على روث الحيوانات العشبية مثل الفطر *Coprinus* – بلونها الأسود الداكن ، وكذلك الحال فى الأكياس الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة *Pilobolus* السوداء اللون .

وتعمل هذه الألوان الداكنة على حماية بروتوبلازم الجراثيم من الأضرار الناتجة عن الأشعة فوق البنفسجية ؛ وبذلك تبقى هذه الجراثيم على قيد الحياة لفترات طويلة تحت ظروف الإضاءة الشديدة خلال التصاقها بسطوح أوراق وسيقان الأعشاب بعد انطلاقها.

وتبتلع الحيوانات الاكلة العشب هذه الوحدات الفطرية خلال تناولها غذاءها ، إلا أن تركيب هذه الوحدات الفطرية – سواء الأكياس الأسبورانجية ، أم الجراثيم – يجعلها تتحمل العصارة الهضمية القوية لهذه الحيوانات خلال مرورها فى قناتها الهضمية ، فى الوقت الذى تهضم فيه جراثيم الفطريات الأخرى ، أو على الأقل تفقد حيويتها .

وفى بعض فطريات الروث ، تكون جراثيمها ساكنة بعد انطلاقها والتصاقها بأسطح النباتات ، فإذا تناولها حيوان عشبى ، فإنها تخرج من طور السكون بعد مرورها بالقناة الهضمية للحيوان وتعرضها لعصارته الهضمية القوية . وتنبت هذه الجراثيم داخل القناة الهضمية للحيوان ، ويستكمل الفطر نموه بعد ذلك على الروث ، وتسمى مثل هذه الفطريات " فطريات الروث الداخلية endocoprophilous fungi" (Larsen, 1971).

وتجد فطريات الروث جميع احتياجاتها الغذائية داخله ، بالإضافة إلى كثير من الفيتامينات والأملاح المعدنية والمواد المشجعة للنمو والتجرثم ، التى يتم تخليقها بفعل عديد من عشائر الأحياء الدقيقة الأخرى التى تعيش فى الروث . ويناسب المحتوى المائى ورقم الحموضة ونسبة الأكسوجين – وغير ذلك من ظروف بيئية – نمو ونشاط هذه الفطريات التى أقلمت نفسها على النمو فى هذه البيئة المتخصصة إلى أبعد الحدود .



شكل (٦ - ٣) : الفطر *Podospora granulostriata* . عن (Yao & Spooner. 1995) .

A1، A2 = أجسام ثمرية أسكية دورقية perithecia .

B = شعيرة

C = خلايا طبقة القشرة وهيفا سطحية .

D = أكياس أسكية (يحتوى الكيس الأسكى على ٥١٢ جرثومة أسكية).

E = جرثومة أسكية حديثة .

ثانيا ـ دراسة فطريات الروث :

تعتبر دراسة هذه الفطريات من السهولة بمكان ؛ حيث تجمع كتل روث الحيوانات اكلة العشب المتوفرة فى مكان الدراسة (مثل : الأبقار ، والخيل) ، وكذلك كرات براز الحيوانات الصغيرة (مثل : الماعز ، والأغنام ، وأيضا الأرانب) . ويمكن دراسة هذه الفطريات على زرق الدواجن، وكذلك زرق الطيور الأخرى سواء الداجنة أم البرية كالحمام والعصافير ، بل تشمل مثل هذه الدراسات قطرات براز الحشرات والديدان والحيوانات مفصليات الأرجل وغيرها من الكائنات الحية الأخرى الاكلات العشب .

وتظهر فطريات الروث فى الطبيعة فى المناطق التى تعيش فيها هذه الحيوانات ، خاصة فى الأماكن الرطبة الجيدة الإضاءة والتهوية ، حيث تنمو هيفات الفطر على الروث الحديث مكونة تراكيب جرثومية رائعة الجمال بديعة التكوين ، تظهر فى تتابع دقيق لا يخطئ ، وفى مهارة يحسدها عليها غيرها من الكائنات الحية الأخرى بما فيهم الإنسان .

ويمكن دراسة هذه الفطريات أيضا فى المعمل ؛ وذلك بأخذ عينات من الروث أو كرات براز هذه الأحياء اكلات العشب فى أكياس من البولى إثيلين . ويجب أن تكون هذه العينات طازجة وكاملة . وتوضع عينات الروث فى أطباق زجاجية مناسبة مرتفعة الحافة ، ذات أغطية زجاجية غير محكمة ؛ حتى تسمح للهواء بالدخول وتوفير الأكسوجين اللازم لتنفس الفطريات النامية .

ويوضع فى قاع الطبق الزجاجى ورق ترشيح مبلل بقليل من الماء ، ثم توضع به عينة الروث المراد دراستها ؛ بحيث تكون فى منتصف الطبق وبعيدة عن حوافه بمسافة كافية ، ويجب استعمال أطباق زجاجية كبيرة الحجم عند دراسة عينات الروث الكبيرة ، مثل تلك التى يتم الحصول عليها من الأبقار والخيل والجمال وغيرها .

ويجب أن تكون كمية الرطوبة الموجودة فى الروث مناسبة ، فإذا انخفضت يتم رش قليل من الماء على عينات الروث المراد دراستها ، ويمكن رش هذه العينات مرة واحدة يوميا باستعمال رشاشة ماء صغيرة ، على أن يراعى أن تكون قطرات الماء دقيقة .

ويوضع الطبق الزجاجى المحتوى على عينة الروث المراد دراستها فى مكان دافئ، وتكفى درجة حرارة الغرفة (٢٠ - ٢٥°م) لذلك . كما يجب ان يكون المكان مضاءً إضاءة كافية ، ويفضل أن تكون الإضاءة من مصدر جانبى ؛ حتى يمكن دراسة الانتحاء الضوئى للتراكيب الجرثومية . ويتبع - عادة - وضع هذه الاطباق الزجاجية بجوار نافذة المعمل ، حيث الضوء الكافى ، والحرارة المناسبة .

وتظهر النموات الهيفية لفطريات الروث بعد فترة تتراوح بين يوم ويومين من التحضين ، وبعد ذلك بأيام قليلة يبدأ ظهور التراكيب الجرثومية فى تتابع دقيق يبدأ بالفطريات غير الراقية ، وينتهى بأرقى الفطريات قاطبة ، وهى الفطريات البازيدية . وهكذا تحكى فطريات الروث - فى نموها وتتابعها - قصة تطورها فى مشاهد حية رائعة توفر للدارسين فرصة نادرة للبحث ؛ قلما تجود الطبيعة بها .

ويمكن مشاهدة الأجسام الثمرية الكبيرة التى تكونها بعض الفطريات بالعين المجردة؛ مثال ذلك الأجسام الثمرية لفطر عيش الغراب ذى القبعة الحبرية *Coprinus* ، بينما يلزم فحص الحوامل الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة باستعمال عدسة مكبرة . وفى حالاتٍ أخرى يجب الفحص الميكروسكوبى للتراكيب الجرثومية للتعرف على تركيبها الدقيق .

وتختلف مجموعة فطريات الروث من حيوان إلى اخر ، كما تلعب طبيعة تغذية الحيوان والظروف البيئية التى يعيش فيها ودرجة حرارة تحضين الروث وغير ذلك من العوامل دورا كبيرا فى ظهور هذه الفطريات وتتابعها . ويلاحظ أن كتل البراز الصغيرة الخاصة بالحيوانات العشبية صغيرة الحجم كالأرانب ، لا تظهر عليها الأجسام الثمرية كبيرة الحجم ؛ مثل فطريات عيش الغراب .

وبالإضافة إلى الفطريات الحقيقية Eumycota التى سبقت الإشارة إليها ، فإنه تظهر على الروث فطريات لزجة Myxomycota ؛ مثل الفطر *Dictyostelium* التابع للأكرازيوميسيتات Acrasiomycetes ، وفطريات العفن الشبكية Myxomycetes .

وهناك أكثر من ٢٠ جنسا تتبع الفطريات الهلامية اللزجة ، تنمو على الروث بعد تحلله ، وهى تتغذى على بقايا النموات الميكروبية الأخرى وتحللها (Eliasson & Lundqvist, 1979) .

ثالثا ـ تتابع فطريات الروث :

ناقش كثير من الباحثين أمثال Lodha (1974) و Webster (1970) تتابع ظهور التراكيب الجرثومية لفطريات الروث ؛ وذلك عند تحضين روث أحد الحيوانات اكلات العشب المناسبة ؛ مثل الأرانب المنزلية أو البرية أو الماشية أو الأيائل أو الخيول وغيرها ، ووضعها فى وعاء زجاجى على حافة النافذة ، ثم مراقبة الفطريات التى تظهر متتابعة .

وتنبت جراثيم فطريات الروث – عادة – أثناء وجودها فى القناة الهضمية للحيوان ، ولكن لا تستكمل نموا تها الهيفية ؛ نظرا لانخفاض مستوى الأكسوجين ؛ فإذا ما قذف الحيوان روثه على سطح الأرض ، نشط نمو هذه الفطريات فى استكمال نموها الهيفى.

ويبدأ ظهور التراكيب الجرثومية بعد حوالى يومين ؛ حيث يبدأ العرض الحيوى بالحوامل الأسبورانجية للفطريات التابعة لطائفة الفطريات الزيجية Zygomycetes رتبة الميوكورات Mucorales ، ممثلة فى الأنواع التابعة للجنس *Mucor* ، ثم يتبع ذلك بيومين ظهور الحوامل الأسبورانجية للجنسين *Pilaira* ، و *Pilobolus* .

وتتميز الحوامل الأسبورانجية للفطر *Pilobolus* – المعروف باسم قاذف القبعة the cap thrower – بأنها تنحنى ناحية الضوء phototropic response ، قاذفة أكياسها الأسبورانجية فى اتجاه مصدر الضوء لمسافة تزيد على مترين . وتلتصق هذه الأكياس بما يحيط بالروث من أعشاب برية فى الطبيعة .

وقد تبقى هذه الفطريات الزيجية على مسرح الأحداث مدة تتراوح بين ١٠ إلى ١٤ يوما ثم تختفى عن الأنظار تدريجيا . بعد ذلك تظهر بعض الفطريات الأخرى التابعة لرتبة الميوكورات ، ولكنها فطريات متطفلة على هيفات الفطريات الزيجية السابقة . ومن أهم أجناس هذه الفطريات المتطفلة : *Piptocephalis* ، و *Chaetocladium* (شكلى ٦ – ٤ و ٦ – ٥) .

وتعمل الفطريات المتطفلة السابقة على مهاجمة ميسليوم الفطريات الزيجية النامية فى المرحلة الأولى من نمو فطريات الروث ؛ حيث تكون ممصات تخترق هيفات هذه الفطريات وحواملها الأسبورانجية وتتغذى عليها ؛ وبذلك تقضى على نمو الفطريات

الزيجية بفطريات من نفس طائفتها ، ويختفى تدريجيا وجود هذه الفطريات ؛ تمهيدا لظهور المرحلة الثانية .

وفى بعض الحالات ، تظهر أنواع من الفطريات الأسكية Ascomycetes مبكرة فى سلسلة التتابع الفطرى ؛ حيث يمكن ملاحظة وجود أجسام ثمرية أسكية مفتوحة apothecia للفطر *Rhyparobius dubius* ، وذلك بعد حوالى أربعة أيام ، إلا أنه من المعتاد ظهور هذه الأجسام الثمرية بعد حوالى عشرة أيام من بداية التحضين .

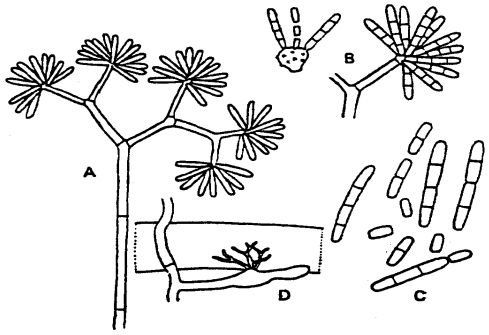
ومن فطريات الروث الأسكية النموذجية الأخرى المكونة للأجسام الثمرية الأسكية المفتوحة (apothecia) الأجناس : *Cheilymenia* ، و *Coprobia* ، و *Ascobolus* ، و *Saccobolus* ، و *Lasiobolus* ، و *Thelebolus* .

ويلى ظهور الفطريات السابقة ، فطريات أسكية أخرى مكونة للأجسام الثمرية الدورقية perithecia التى تتبع تحت طائفة Pyrenomycetes ؛ مثال ذلك الأجناس: *Sporomiella* ، و *Coniochaeta* ، و *Delitschia* ، و *Podospora* ، و *Sordaria* ؛ حيث تقذف هذه الفطريات جراثيمها الأسكية بقوة .

ومن الفطريات الأسكية الأخرى المكونة لأجسام ثمرية دورقية الجنسين : *Chaetomium* ، و *Viennotidia* ؛ وهى تتميز بعدم قذف جراثيمها الأسكية بقوة ، ولكنها تتحرر سلبيا . ويلى ذلك ظهور فطريات تكون أجسام ثمرية أسكية كاذبة pseudothecia ؛ مثال ذلك : الجنس *Sporormia* .

وتميل الفطريات الأسكية المكونة لأجسام ثمرية أسكية مفتوحة apothecia إلى الظهور مبكرة قبل تلك الفطريات المكونة لأجسام ثمرية أسكية دورقية الشكل perithecia ؛ حيث تبقى الفطريات الأخيرة مدة أطول على الروث قد تصل إلى عدة أسابيع .

وعند استمرار تحضين عينات الروث – تحت الدراسة – إلى مدة أكثر من ١٤ – ٣٠ يوما ، تظهر أعداد من الأجسام الثمرية البازيدية لفطريات عيش غراب تتبع رتبة الأجاريكالات Agaricales ، مثال ذلك الأجناس *Coprinus* و *Stropharia* و *Panaeolus* ، بينما تظهر فطريات بازيدية أخرى عند وجود الروث فى الطبيعة ؛ مثل الأجناس *Psilocybe* و *Psathyrella* و *Conocybe* و *Bolbitius*، ولا تظهر هذه الفطريات على الروث المحضن فى المعمل .



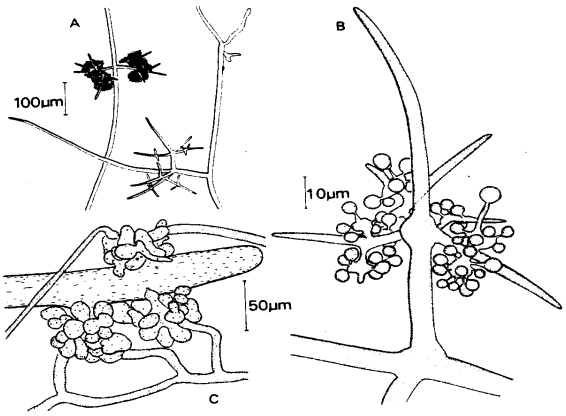
PIPTOCEPHALIS

شكل (٦ - ٤) : الفطر *Piptocephalis virginiana* .

A = حامل كونيدى (إسبورانجى) .
B = انتفاخ يحمل جراثيم .
C = سلاسل من الجراثيم التى تتجزأ .
D = ممص للفطر المتطفل داخل ميسليوم فطر عائل ، غالبا من رتبة الميوكورات .

ويرجع ظهور الفطريات السابقة فى الطبيعة – فقط – إلى أنها ليست من فطريات الروث الحقيقية ، ولكنها تنتقل إلى الروث عن طريق ملامسته لسطح التربة ، أو عن طريق انتقال جراثيمها بالهواء إلى الروث ، ولكنها – على أية حال – تجد فى الروث بيئة صالحة للنمو وتكوين التراكيب الجرثومية .

وتظهر بعض الفطريات التابعة لطائفة الفطريات الناقصة Deuteromycetes بعد ذلك على الروث ؛ مثال ذلك الفطر *Stilbella erythrocephala* . ويكون هذا الفطر صغيرة كونيدية synemmata ذات لون قرمزى ، تحمل على قمتها جراثيم لاصقة . وينمو هذا الفطر – عادة – على روث الأبقار وكرات براز الأرانب البرية .



شكل (٦ – ٥) : الفطر *Chaetocladium brefeldii* .

A = فريعات هيفية تنتهى بنتوءات مستدقة spines ، تحمل أكياس أسبورانجية صغيرة جانبيا (Sporangiola) .

B = فرع هيفى يوضح تركيب النتوء المستدق والأكياس الأسبورانجية الصغيرة.

C = هيفا الفطر *Pilaira anomala* تحيط بها أعضاء التصاق الفطر المتطفل *C. brefeldii* والتى تشبه المثانة - bladder like outgrowths قبل مرحلة الاختراق مباشرة .

ومن الفطريات الناقصة الأخرى الشائع وجودها على الروث الطور الكونيدى *Oedocephalum* ؛ وهو الطور الناقص للفطر الأسكى *Iodophanus carneus* ذى الأجسام الثمرية الأسكية المفتوحة الدقيقة الحجم والملونة باللون الأحمر الداكن .

وبالإضافة إلى ما سبق ، تنمو على الروث بعض الفطريات الأخرى التى تتطفل خارجيا على النيماتودا؛ مثال ذلك الأنواع التابعة للجنسين *Arthrobotrys* و *Monacrosporium* . وتظهر هذه الفطريات بصفة خاصة على الروث الموجود فى ظروف رطوبة عالية ؛ حيث تساعد هذه الرطوبة على زيادة أعداد العشائر النيماتودية فيه .

وقد يظهر – أيضا – على الروث بعض الفطريات الناقصة المتطفلة على بيض النيماتودا ويرقاتها ؛ مثال ذلك الفطر *Rhopalomyces elegans* ؛ حيث يتطفل هذا الفطر أيضا على الأطوار الكاملة للنيماتودا ، وخاصة عند وجود الروث لفترة طويلة على سطح الأرض تحت ظروف عالية الرطوبة (Barron, 1977) .

ويمكن التحكم فى الأنواع الفطرية وتتابعها على الروث ؛ وذلك عن طريق تغيير ظروف التحضين ، وخاصة درجة الحرارة ، والمحتوى المائى للروث . ولقد درس الباحثان (Wicklow & Moore (1974 تتابع ظهور هذه الفطريات على كتل براز الأرانب المرباة فى المعمل – والتى تمت تغذيتها على البرسيم الحجازى – حيث تم تحضين العينات على ثلاث درجات حرارة ؛ هى : ١٠°م ، ٢٤°م ، ٣٥°م .

ولقد أظهرت نتائج الدراسة السابقة اختلاف الفطريات المتكونة على كتل براز الأرانب باختلاف درجات الحرارة ؛ فعند التحضين على حرارة ١٠°م ظهر الفطران الأسكيان : *Thelebolus* spp. و *Sporormiella intermedia* ، بينما لم يشاهد هذان الفطران على درجات الحرارة الأخرى المرتفعة . ويعنى ذلك أن هذه الفطريات تفضل الحرارة المنخفضة لنموها وتجرثمها .

وفى دراسة أخرى ، لاحظ الباحثان (Wicklow & Malloch (1971 وجود الفطر *Thelebolus* sp. فى أونتاريو Ontario بكندا تحت ظروف انخفاض الحرارة ؛ حيث تقع درجة الحرارة المثلى لنمو هذا الفطر بين ١٥°م و ٢٠°م ، وعند انخفاض درجة الحرارة يستمر الفطر فى النمو حتى عند صفر°م ، بينما يثبط نمو الفطر إذا ارتفعت درجة الحرارة عن ٢٥°م . وهذا يفسر عدم ظهور هذا الفطر على نفس عينات براز الأرانب التى تم تحضينها عند ٢٤°م و ٣٥°م .

وعند تحضين عينات براز الأرانب السابقة عند حرارة ٢٤°م ، ظهرت مجموعة أخرى من الفطريات الأسكية مثل : *Podospora curvicolla* ، و *Ascodesmis rigricans* ، و *Coprotus granuliformis* .

كما يؤثر المحتوى المائى على أنواع الفطريات النامية على الروث وتتابعها ، ففى دراسة قام بها الباحثان (Kuthubtheen & Webster (1986 a,b تم الحصول على عينات من كتل براز الأرانب البرية من حقل مغمور بالماء ؛ حيث كان المحتوى المائى لهذه الكتل البرازية يتراوح بين ٨١ ٪ و ١٠٠ ٪ . وأوضحت النتائج أن بعض

الفطريات ظهرت على الروث ذى المحتوى العالى من الرطوبة (١٠٠ ٪) ؛ مثل : الفطر *Pilobolus crystallinus* المعروف باسم قاذف القبعة ، بينما ظهر الفطر *Pilaira anomala* فى عينات الروث ذات المحتوى الأقل من الرطوبة (٨١ ٪) .

ويرتبط ظهور بعض فطريات الروث بالمحتوى العالى من الرطوبة ، وبارتفاع الرطوبة النسبية حولها ؛ مثال ذلك بعض الفطريات الأسكية ؛ مثل : الفطر *Coprotus granuliformis* ، والفطر *Saccobolus versicolor* ، والفطر *Podospora vesticola* ، وكذلك بعض الفطريات البازيدية ؛ مثل : الفطر *Coprinus miser* ، والفطر *C. stercoreus* .

ومن ناحية أخرى لا تتأثر فطريات الروث التابعة لطائفة الفطريات الناقصة كثيرا بالمحتوى المائى لعينات الروث ؛ فعلى سبيل المثال يمكن لبعض هذه الفطريات تكوين جراثيمها على الروث الجاف ؛ مثل : الفطر *Stilbella erythrocephala* ، بالإضافة إلى عديد من الأنواع التابعة للجنس *Penicillium* .

إلا أن المحتوى المائى يلعب دورا مهما فى قدرة تنافس فطريات الروث بعضها مع بعض ؛ مثال ذلك : فطر قاذف القبعة *Pilobolus crystallinus* ؛ الذى يحتاج إلى مستوى عال من الرطوبة لكى يكون أكياسه الأسبورانجية ، فإذا انخفض المحتوى المائى للروث ، فإنه لا يستطيع منافسة الفطريات الأخرى ويفشل فى التجرثم .

وعند دراسة قدرة الفطر السابق على تكوين الأكياس الأسبورانجية على كتل براز الأرانب السابق تعقيمها ثم حقنها بجراثيم الفطر ، وجد أن فطر قاذف القبعة يمكنه تكوين أكياسه الأسبورانجية حتى عند انخفاض المحتوى المائى لكتل البراز إلى ٨٠ ٪، ولكن فى غياب منافسة فطريات الروث الأخرى .

وفى وجود هذه الفطريات المنافسة ، تنخفض قدرة فطر قاذف القبعة على تكوين أكياسه الأسبورانجية ؛ حتى عند ارتفاع المحتوى المائى لعينات براز الأرانب تحت الدراسة إلى ١٠٠ ٪ ، وهذا يدل على أن التنافس على الماء يعتبر عاملا حاسما يتحكم فى قدرة الفطر *Pilobolus crystallinus* على التجرثم .

ويؤثر المحتوى المائى للروث – أيضا – على قدرة جراثيم الفطريات على الإنبات، وأيضا على معدل النمو الميسليومى ؛ ففى دراسة قام بها الباحثان Kuthubutheen & Webster (1986 b) ، تم اختبار إنبات جراثيم بعض فطريات الروث على بيئة أجار

الروث المضاف إليها الجليسرول ، فوجدا أن نسبة الإنبات تقل بانخفاض الضغط المائى للبيئة المحتوية على الجليسرول بالمقارنة بالبيئة الخالية منه ، وأيضا يقل معدل تكوين أنابيب الإنبات ومعدل النمو الطولى للهيفات .

وفى دراسةٍ أخرى مشابهةٍ على روث الأبقار قام بها الباحثان Dickinson & Underhay (1977) لدراسة تأثير المحتوى المائى للروث على نمو وتجرثم فطريات الروث ، وُجد أن المحتوى المائى لروث الأبقار الطازج مرتفع للغاية ؛ حيث تتراوح بين ٤٠٠٪ و ٧٠٠٪ من المادة الجافة . وفى مثل هذه الحالات يصعب وصول الأكسوجين إلى داخل الروث ؛ مما يقلل من نمو ميسليوم فطريات الروث فى المراحل الأولى داخله .

وعند خفض هذا المحتوى المائى العالى إلى ١٥٧٪ من المادة الجافة ، بدأت هيفات الفطريات فى النشاط والنمو ، حيث تتابع ظهورُ التراكيب الجرثومية ؛ وذلك عند تحضين عينة الروث على درجة حرارة ١٨°م فى وجود رطوبةٍ نسبيةٍ ١٠٠٪ .

وفى دراساتٍ أخرى ، تمت تنمية بعض فطريات الروث على بيئاتٍ غذائيةٍ مختلفةٍ فى ضغطها المائى ؛ حيث أمكن التحكم فى ذلك عن طريق إضافة مانيتول أو كلوريد صوديوم إلى البيئة خلال تجهيزها . ولقد أظهرت النتائج أن ارتفاع الضغط المائى يؤدى إلى سرعة تكوين جراثيم الفطريات *Pilaira anomala* و *Sordaria hamana* (Harrower & Nagy, 1979) . وقد يكون ذلك نوعا من التأقلم ؛ حيث يسرع الفطر فى نموه وتجرثمه خلال فترة توفر الماء ، قبل جفاف الروث .

وتعتبر الأعشاب والنباتات المستخدمة فى تغذية الحيوانات – وكذلك العلف الجاف وغيره – المصادر الرئيسية لفطريات الروث ؛ حيث تنمو على سطوح هذه النباتات عديد من الأحياء الدقيقة التى تجد طريقها إلى القناة الهضمية للحيوان ، فيُهْضم بعضها، ويستطيع البعض الآخر الصمود أمام العصارات الهضمية القوية ، ويستمر محتفظاً بحيويته حتى يتخلص الحيوان من متبقيات الهضم على صورة روثٍ .

وتوجد هذه الكائنات الحية الدقيقة على صورة تراكيب مختلفة ، بعضها يتحمل الظروف داخل القناة الهضمية للحيوان ، وبعضها يتحلل أو يثبط نموه أو يفقد حيويته ، بينما قد تؤدى هذه الظروف السابقة إلى تشجيع إنبات بعض جراثيم هذه الفطريات وخروجها من طور السكون .

وهناك مصادر أخرى ثانوية لفطريات الـــروث ؛ مثـــل : الـــهواء ، والأمطـــار ، والحشرات ، وبعض الحيوانات الصغيرة ؛ كالحلم ، والنيماتودا ، والأكـــاروس التـــى تنجذب إلى الـــروث لتتغذى عليه . كما تعتبر التربة مصدرا هاما لبعـــض فطريـــات الروث ؛ حيث يعمل تلامس كتل الروث لسطح التربة على نمو بعض فطريات التربـــة على الروث ؛ حيث تجد فيه مادة عضوية خصبة للنمو الميسليومى والتجرثم .

كما تلعب ظروف البيئة حول كتل الروث دورا مؤثرا فى نمو فطريـــات الـــروث وتكوينها لتراكيبها الجرثومية ، وايضا تعمل هذه الظروف البيئية علـــى تحديـــد تتـــابع ظهور هذه الفطريات على الروث ، وذلك لتأثيرها على طبيعة علاقة هـــذه الفطريـــات بعضها ببعض من تنافس أو تضافر .

رابعا - الفطر *Pilobolus* قاذف القبعة :

إنه أحد أمثلة مشاركة الفطريات لحياة الحيوانات ؛ حيث يجنى هـــذا الفطـــر مـــن مشاركته لبيئة الحيوانات الاكلة العشب فوائد جمة ، بينما تعتبر هذه الحيوانات نـــاقلات سلبية لهذه الفطريات ، لا تضار منها ، ولا تجنى من ورائها فائدة تذكر .

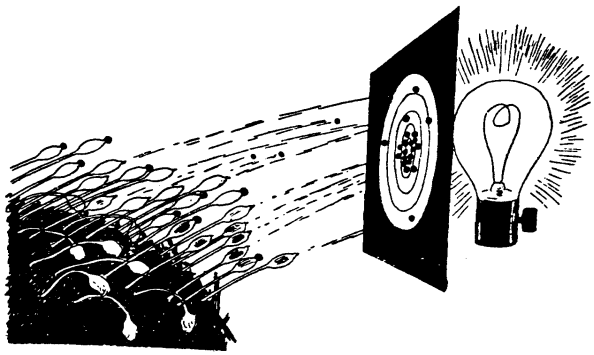
ولكن يلعب هذا الفطر دورا كبيرا فى بيئة الحيوان ، ولكنه خجول ، جم التواضع ، يقوم بهذا الدور دون أن يفصح عن نفسه ، ولكننا يجب أن نجتهد ونحاول التعرف على هذا الفطر ، ونفهم دوره الحيوى الهام فى البيئة من حولنا .

اسم الفطر *Pilobolus* يعنى قاذف القبعة the cap thrower ، وهذا وصف حقيقى لما يقوم به الفطر فى وقت الظهيرة من كل يوم ؛ حيث يقذف أكياســـه الأســـبورانجية sporangia بقوة ناحية مصدر الضوء ، فى حركة استعراضية باهرة ، يستحق عليـــها الثناء والإعجاب .

وربما قليل من المهتمين بدراسة الفطريات ممن أتيحت لهم فرصة مراقبـــة فطـــر قاذف القبعة وهو يقذف بأكياسه الجرثومية فى الهواء ، وما يعقبه من فطريات أخـــرى تظهر على روث الحيوانـــات العشبية فى تتابع مذهل لا يخطئ ؛ فهو جزء يسير مـــن ملكوت الله سبحانه وتعالى ؛ فتبارك الله أحسن الخالقين .

وكل ما يحتاج إليه المرء لدراسة هذا الفطر وغيره من فطريات الروث الأخـــرى ، هو قليل من الفضول العلمى وحب المعرفة ، ثم وعاء زجـــاجى ذو حجـــم مناســـب ،

وروث طازج لحيوان عشبىّ ، وعدسة مكبرة ، وربما مجْهر (ميكروسكوب) لمزيد من الفحص والدراسة .

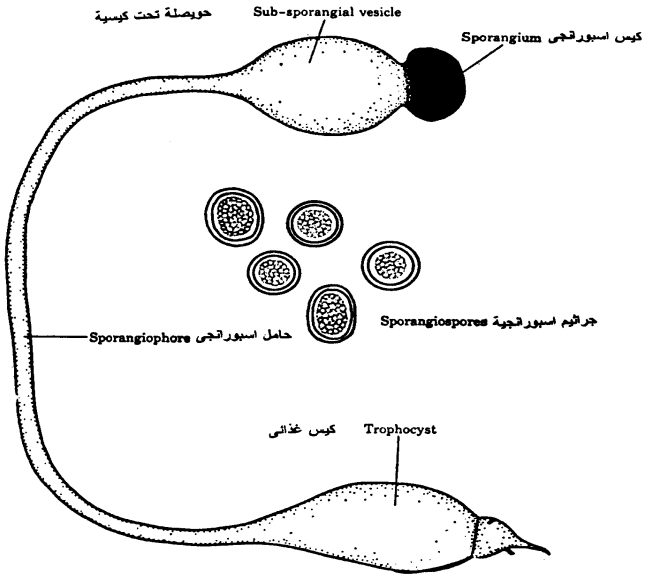


شكل (٦ - ٦) : فطر قاذف القبعة *Pilobolus crystallinus* يقذف أكياسه الأسبورانجية فى اتجاه الضوء .

وتجمع عينات الروث طازجة ، كاملة دون تفتيتٍ ، وتوضع فىْ قاع الوعاء الزجاجى بعد تغليفه من الداخل بورقٍ رطبٍ ، ثم يغطى الوعاء بغطاء زجاجىٍ مع ترك جزءٍ صغير دون تغطيةٍ للتهوية ؛ حتى يحصل الفطر على احتياجاته من الأكسوجين ، ولا يتوقف عن النمو والنشاط .

ويوضع الوعاء الزجاجى فى مكانٍ دافئٍ جيد الإضاءة ، يفضل أن يكون بجوار نافذةٍ كمصدر جيدٍ للضوء . ويمكن رش الروث بقليلٍ من الماء إن كان جافاً ، ويرش بالماء يوميًّا كلما دعت الضرورة إلى ذلك .

وتفحص عينة الروث بعد مرور يومين من بداية التحضين ؛ حيث تظهر تراكيب الفطر الجرثومية خلال أيام قليلةٍ تبعاً لدرجة الحرارة . ويفضل أن يبدأ الفحص مبكراً ، فى الساعات الأولى من الصباح ؛ ففطر قاذف القبعة نشيط ، يحترم الوقت ، ويحسن استغلاله .



شكل (٦ - ٧) : رسم تخطيطى للحامل الأسبورانجى لفطر قاذف القبعة *Pilobuls longipes* .

ويتكاثر هذا الفطر لاجنسيا بتكوين أكياس أسبورانجية sporangia ؛ تحتوى بداخلها على آلاف من الجراثيم الأسبورانجية sporangiospores . ويحمل كل كيس أسبورانجى فرديا على قمة حامل أسبورانجى sporangiophore ، يوجد عند قاعدته انتفاخ مغمور فى مادة الروث، يطلق عليه اسم " الكيس الغذائى trophocyst " ، بينما ينتهى الحامل الأسبورانجى عند قمته بانتفاخ آخر ذى شكل كمثرى ، يقع أسفل الكيس الأسبورانجى ، يطلق عليه اسم الحويصلة تحت الكيسية sub-sporangial vesicle .

وتحاط الحويصلة تحت الكيسية بعويمد columella دورقى الشكل ، يختفى تحت جدار الكيس الإسبورانجى . ويأخذ الكيس الأسبورانجى شكلا قرصيا ، وهو أسود اللون أملس ، يحتوى على جراثيم أسبورانجية بيضية الشكل ذات لون أصفر برتقالى (شكل ٦ - ٧) .

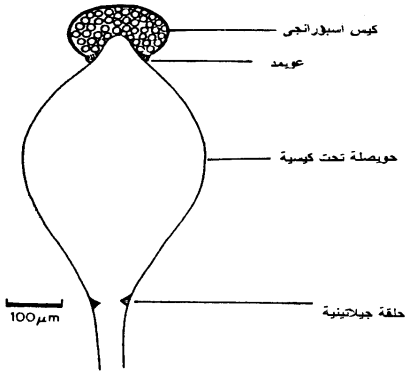
ويوجد حول قاعدة العويمد حلقة شفافة من مادة جيلاتينية ، تقع بين جدار الكيس الأسبورانجى والجراثيم . وعند اتصال الحويصلة تحت الكيسية بالحامل الأسبورانجى ، توجد حلقة من السيتوبلازم تأخذ شكل عدسة محدبة من الوجهين ذات ثقب مركزى (شكل ٦ - ٨) .

وتظهر الحوامل الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة من الأكياس الغذائية المطمورة فى مادة الروث ؛ حيث تستكمل هذه الحوامل نموها على مدار ساعات اليوم . ففى خلال فترة ما بعد الظهيرة ، تنمو الحوامل الأسبورانجية من الأكياس الغذائية متجهة إلى مصدر الضوء ؛ فإذا ما حل المساء ، استمرت هذه الحوامل فى نموها واستطالتها ؛ حيث تنتفخ أطرافها لتكوين الأكياس الأسبورانجية ، التى تستكمل نموها عند منتصف الليل تقريبا .

وبعد أن يستكمل تكوين الكيس الأسبورانجى ، تنتفخ قمة الحامل الأسبورانجى تحت الكيس الأسبورانجى مباشرة ؛ مكونة حويصلة تحت كيسية sub-sporangial vesicle فى فترة ما بعد منتصف الليل ، ويتم تكوينها فى الصباح الباكر .

ومع الساعات الأولى من الصباح ، تكون عينة الروث مغطاة بمئات من السيقان الرهيفة الشفافة الباسقة ، التى لا يتعدى قطرها نصف ملليمتر ، بينما يصل طولها إلى سنتيمتر واحد أو سنتيمترين . وتتجه هذه الحوامل كلها إلى مصدر الضوء ؛ حيث

إنها موجبة الانتحاء له positively phototropic ؛ شأنها فـــى ذلـــك شـــان النباتـــات الخضراء .



شكل (٦ - ٨) : رسم تخطيطى لقطاع طولى فـــى فطـــر *Pilobolus kleinii* يوضـــح كيســـا أسبورانجيا ناضجا يحتوى على آلاف الجراثيم الأســـبورانجية ، والحويصلـــــة تحت الكيسية ، والعويمد، والحلقة الجيلاتينية .

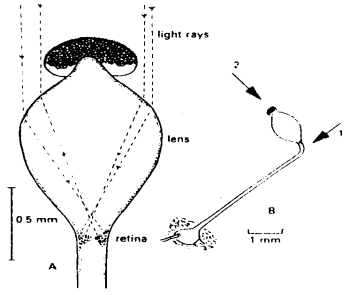
ومن المألوف ان تتجه النباتات الخضراء بنموها ناحية الضوء ، ولكن قليلا منها ما يفعل ذلك بدقة كما يفعل فطر قاذف القبعة . والسر فى ذلك يكمن فى تركيب الحويصلة الموجودة تحت الكيس الأسبورانجى ؛ فهى ليست مجرد انتفاخ عادى ، ولكنـــــها ذات تركيب متميز ودقيق لدرجة يصعب تصديقها .

وتعتبر الحوامل الأسبورانجية – حتى بعد تكوين الأكياس الأســـبورانجية عليـــها – شديدة الجاذبية للضوء . ويتلون الكيس الغـــذائى trophocyst والحوامل الأسبورانجية باللون الأصفر البرتـــقالى ، ويرجع ذلـــك إلـــى وجـــود محتـــويات كـــاروتينية Carotene content . إلا أن بعض الـــدراسات الحديثة – التى أجريت على اســـتجابة الحوامـــل الأسبورانجية للأطـــوال الموجيـــة المختلفة من الضـــوء – تـــدل علـــى أن

المستقبل الضوئى فى فطر قاذف القبعة يشبه الفلافين Flavin أكثر من شبهه للكاروتين .

وعند سقوط الأشعة الضوئية من جانب واحد على الحامل الأسبورانجى ، فان الانتفاخ الموجود أسفل الكيس الأسبورانجى يعمل كعدسة مجمعة للضوء ؛ حيث تمر الأشعة الضوئية من خلال الجدار الشفاف للانتفاخ . وتتجمع هذه الأشعة على الجدار المقابل بالقرب من قاعدة الانتفاخ فى منطقة محددة حساسة للضوء light-sensitive region ، يتجمع عندها السيتوبلازم الغنى بالكاروتين carotene - rich cytoplasm ؛ الذى يتوهج باللون البرتقالى عندما يضاء (شكل ٦ – ٩) ، والتى يطلق عليها الشبكية retina .

ويؤدى تركيز الأشعة الضوئية على المنطقة الغنية بالكاروتين (الشبكية) إلى تكوين مواد مشجعة للنمو ، تنتقل إلى الجزء الأسطوانى من الحامل الأسبورانجى أسفل الانتفاخ ؛ فتسرع من نموها ، وينحنى الحامل الأسبورانجى موجها نفسه تجاه مصدر الضوء بحيث يكون هذا الانحناء زاوية مع قاعدة الحامل .



شكل (٦ – ٩) : رسم تخطيطى لقطاع طولى فى الحامل الأسبورانجى للفطر *Pilobolus kleinii* يوضح مسار مرور الأشعة الضوئية من خلال الحويصلة الكيسية ، والتى تعمل كعدسة لامة تجمع الأشعة الضوئية فى منطقة أسفل الحويصلة ؛ مما يعمل على توجيه الحامل الأسبورانجى إلى مصدر الضوء . ويلاحظ أن مصدر الضوء (2) أدى إلى إعادة توجيه الحويصلة الكيسية .

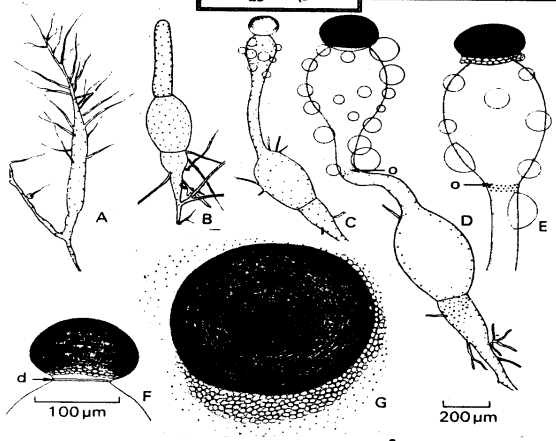
وعند انحناء الحامل الأسبورانجى ، تتحرك المنطقة التى يتجمع عندها الضوء عند جدار الانتفاخ إلى أسفل ؛ بحيث تقع البقعة المضيئة تماما عند الطوق المحتوى على الكاروتين ؛ وبذلك يكون الكيس الأسبورانجى مواجها تماما لمصدر الضوء(شكل ٦ – ٩) .

ويمكن اختبار هذه الآلية العجيبة للتعرف على مدى حساسية الفطر لتغيير مصدر الإضاءة وسرعة استجابته لذلك . فإذا تغير وضع الطبق الزجاجى المحتوى على عينة الروث أمام مصدر الإضاءة (النافذة) بحيث يضاء الجانب الاخر منه – وذلك فى الساعات الأولى من الصباح خلال فترة استطالة الحوامل الأسبورانجية – فإن السيقان سوف تنمو فى شكل متعرج zigzag fashion ؛ مما يدل على أن الفطر يبذل قصارى جهده ، ويسخر مهاراته كلها فى دقة تصويب أكياسه الأسبورانجية تجاه مصدر الضوء فى دقة وبراعة تحسده عليها بقية الفطريات الأخرى ، بل وأيضا سائر الأحياء الراقية .

ويعتبر هذا السلوك العجيب لفطر قاذف القبعة وليد التأقلم على ظروف البيئة الصعبة التى ينمو فيها ؛ فهو أحد فطريات الروث التى تنمو على روث الحيوانات الآكلة العشب ، والتى تلقى روثها على سطح الأرض بين الأعشاب والنباتات البرية ؛ مما يجعل فرصة وصول جراثيم هذا الفطر – وغيره من فطريات الروث – إلى العالم الخارجى متعذرة ؛ فإذا لم ينجح الفطر فى إطلاق جراثيمه ، ظل حبيسا فى هذا المكان الموحش.

وتؤدى آلية قذف الأكياس الأسبورانجية لفطر *Pilobolus* إلى تحررها بعيدا عن موقع روث الحيوان ، وهى ليست آلية عشوائية ، بل هى موجهة توجيها ذكيا محكما؛ حيث نجح الفطر – إلى حد بعيد – فى تجهيز نفسه بأسلوب متقن يتم من خلاله ... أكياسه الأسبورانجية إلى مصدر الضوء قبل نضجها بوقت كاف ؛ فإذا نضجت أطلقها الفطر متجهة إلى الخارج ، متحررة إلى العالم الواسع .

وفى حوالى الساعة التاسعة والنصف صباحا ، تكون آلاف الأكياس الأسبورانجية (القبعات) السوداء اللون قد نضجت ، وانحنت سيقانها النحيلة ناحية الضوء ، وعندئذ تكون هذه الآلاف من البنادق الفطرية جاهزة للانطلاق (شكل ٦ – ١١) .



شكل (٦ - ١٠) : التكاثر ألَلاجنسى فى الفطر *Pilobolus kleinii* .

A = تكوين الكيس الغذائى trophocyst وانتفاخه عن طريق تمدد السيتوبلازم الغنى بالكاروتين .

B = الكيس الغذائى يخرج منه حامل أسبورانجى غير تام التكوين ؛ حيث تنجذب قمته إلى مصدر الضوء .

C = كيس غذائى يخرج منه حامل أسبورانجى تام التكوين ؛ حيث تبدأ قمة الكيس الأسبورانجى فى النضج ، وتصبح داكنة اللون (حوالى الساعة التاسعة مساء) .

D = كيس أسبورانجى فى مرحلة ما قبل التشقق (حوالى الساعة التاسعة صباحا) ؛ حيث يشير السهم (عند الحرف o) إلى منطقة السيتوبلازم الغنية بالكاروتين ، والتى يطلق عليها اسم ocellus .

E = حامل أسبورانجى يحمل كيسا أسبورانجيا عند مرحلة تشققه بالقرب من قاعدته . لاحظ تمام تكوين الجراثيم الأسبورانجية ، ووجود وسادة من المادة المخاطية أسفل الكيس الأسبورانجى (حوالى الساعة ١١,٣٠ صباحا) .

F = كيس أسبورانجى يظهر عند قاعدته انشقاق الجدار الخلوى (السهم d).

G = كيس أسبورانجى متحرر ، محاط بالعصير الخلوى الجاف ، بينما توجد داخله الجراثيم الأسبورانجية ؛ يمنعها من الخروج الوسادة المخاطية .

وعند هذه المرحلة ، ينشط كل فطر فى تجهيز نفسه لإطلاق قذيفته الوحيدة ، والتى بعدها يضمحل الحامل الأسبورانجى ويتحلل . وتتميز هذه القذيفة (الكيس الأسبورانجى) بأنها سوداء اللون ذات جدار أملس صلب جاف . وعند قاعدة الكيس الأسبورانجى يوجد عويمد دورقى الشكل conical columella ، يفصله عن الكيس الأسبورانجى وسادة لزجة mucilaginous pad .

وفى خلال هذه الدقائق الحرجة ، يتشقق الكيس الأسبورانجى عند قاعدته ، فى المنطقة التى تقع أعلى العويمد ، مكونا أخدودا يلف حول هذه المنطقة ويجعلها ضعيفة سهلة الانفصال . ولا تتحرر الجراثيم الأسبورانجية من الكيس فى ذلك الوقت ؛ حيث تمنعها عن ذلك الوسادة اللزجة ، التى تنشأ خلال تشقق جدار قاعدة الكيس الأسبورانجى (شكل ٦ - ١٠ - E) .

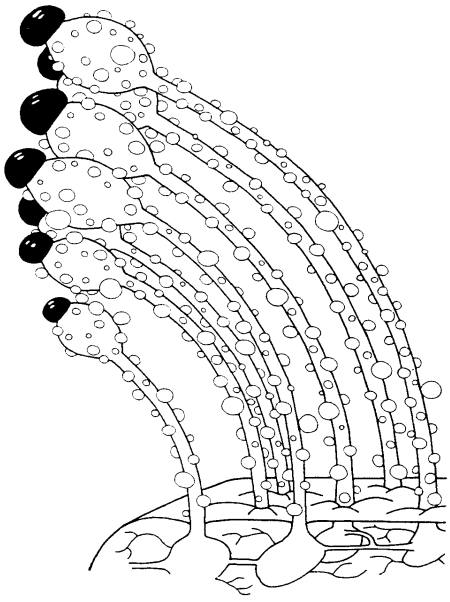
وتنتفخ الحويصلة تحت الكيس الأسبورانجى - والتى تعرف باسم الحويصلة التحت كيسية subsporangial vesicle - نتيجة زيادة تركيز العصير الخلوى داخلها ؛ وبذلك يرتفع الضغط الأسموزى . وعندما يصل هذا الضغط إلى مرحلة حرجة - قد تصل إلى حوالى ٥,٥ بار - تنتفخ هذه الحويصلة إلى أقصى حد لها ، يساعدها على ذلك جدارها المرن ، ثم ينشق الجدار الخلوى للكيس الأسبورانجى على طول الأخدود المتكون أسفل العويمد .

ونظرا لشدة مرونة جدار الحويصلة تحت الكيسية ، وزيادة الضغط داخلها ، فإنها تنفجر فجأة - عادة فى وقت الظهيرة - قاذفة محتوياتها السائلة ودافعة الكيس الأسبورانجى بعيدا فى اتجاه مصدر الضوء ؛ وذلك فى صوت مسموع ؛ لذلك يطلق على هذا الفطر أحيانا اسم البندقية الفطرية the fungal shotgun (Alexopoulos, 1962) .

وتوضح آلية قذف الأكياس الأسبورانجية ، أن المحتويات السائلة التى يتم قذفها تأخذ شكلا أسطوانيا فى بادئ الأمر ، ثم تتفتت بعد ذلك إلى قطيرات صغيرة (شكل ٦ - ١١) . ويحمل الكيس الأسبورانجى معه - خلال انطلاقه - قطرة من العصير الخلوى اللزج .

وتختلف سرعة قذف الفطر لأكياسه الأسبورانجية تبعا للأنواع المختلفة ، ففى الفطر *P. kleinii* تتراوح سرعة القذف بين ٤,٧ و ٢٧,٥ متر / ثانية ، والمتوسط العام

١٠,٨ متر / ثانية ، ويمكن أن يصل مدى قذف هذه الأكياس الأسبورانجية إلى مترين إذا قذفت رأسيا ، وإلى أكثر من مترين ونصف المتر إذا قذفت أفقيا .

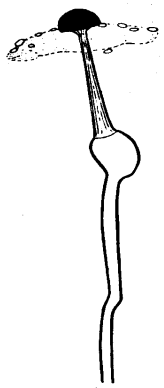


شكل (٦ – ١١) : الحوامل الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة *Pilobolus kleinii* . لاحظ انحناء الحوامل ناحية مصدر الضوء وتكوين قطيرات من الماء عليها قبيل لحظات من اطلاق الأكياس الأسبورانجية .

وفى الطبيعة ، تتناثر كتل روث الحيوانات الاكلة العشب بين الأعشاب والنباتات البرية ؛ حيث ينمو عليها فطر قاذف القبعة وغيره من فطريات الروث الأخرى ، ويحاول كل فطر الخروج بجراثيمه من هذا المكان الموحش إلى العالم الخارجى ، لكى ينتشر ويحافظ على نوعه ، إلا أن فطر قاذف القبعة كان أكثر فطريات الروث براعة فى ذلك .

ولم تقف براعة فطر قاذف القبعة عند قذف أكياسه الأسبورانجية فقط ، ولا فى اليتها المحكمة البارعة ، ولكنه يتحكم أيضا فى زاوية ميل قذف هذه الأكياس بحيث تكون حوالى ٤٥ درجة . ولا يختار الفطر هذه الزاوية عبثا ، بل هو اختيار ينم عن ذكاء بالغ وهبه الله سبحانه وتعالى اياه .

ففى الكليات الحربية ، يتعلم الطلبة أن أفضل زاوية لإطلاق القذائف هى ٤٥ درجة ؛ حيث تصل القذيفة إلى أقصى سرعة ، وتصل إلى أبعد مدى ، وهذا ما عرفه فطر قاذف القبعة قبل أن يدرك الإنسان شيئا عن البارود والقذائف .



شكل (٦ - ١١) : رسم تخطيطى يوضح مرحلة انطلاق الكيس الأسبورانجى للفطر *P. kleinii* . لاحظ انفجار الحويصلة تحت الكيس الأسبورانجى قاذفة محتوياتها السائلة ودافعة الكيس الأسبورانجى للأمام ، بينما يحمل الكيس الأسبورانجى قطرة من العصير الخلوى اللزج معه .

ولاختبار قدرة هذا الفطر ودقته فى قذف أكياسه الأسبورانجية ، فإنه يمكن إجـــراء تجربة بسيطة ؛ وذلك بوضع أسطوانة من الورق المقوى الأسود حول الوعاء الزجاجى المحتوى على عينة الروث تحت الدراسة ؛ بحيث يرفع غطائها الزجاجى ؛ وذلك فـــى الصباح المبكر قبل إطلاق الفطر لأكياسه الأسبورانجية .

ويراعى تغطية قمة الأسطوانة السابقـــة بصحيفة ورقية بيضاء اللـــون ذات ثقـــب قطره حوالى ٥ سنتيمترات فى المنتصف ، يعمل كمصدر للأشعة الضوئية . وبعد فترة تفحص الصحيفة الورقية البيضاء وما التصق بها من اكياس اسبورانجية للفطر .

وحيث إن فطر " قاذف القبعة " يقذف أكياسه الأسبورانجية راسيا إلى مسافة حوالى مترين ، فإنه يمكن استعمال أسطوانـــة ورقية ارتفاعها متران أو أقل قليلا . وتعتبر هذه المسافة فى قذف الأكياس الأسبورانجية رقما قياسيا عالميا يجب تسجيلـــه فى موسوعة " جينز " للأرقام القياسية ، خاصة إذا علمنا أن طول الحامل لا يتعـــدى ســـنتيمترين ؛ وهذا يعنى قذف الفطر لقبعته حـــوالى ١٠٠ ضعف طوله ، وهو يعادل قـــذف إنســـان لقبعته لارتفاع ١٨٠ مترا ؛ أى إلى ارتفاع ناطحة سحاب مكونة من ٦٠ طابقا تقريبا ؛ فهل يستطيع إنسان ذلك ؟! .

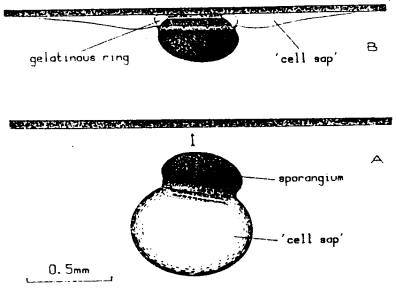
وعلى الرغم من إبداعات الفطر السابقة ، فإنه مازال عنده المزيد ؛ فالقبعـــة التـــى يقذفها الفطر – وهى الكيس الأسبورانجى – ذات تركيب خـــاص يشبـــه الكبســـولة ، وشكلها نصف كروى ، كما أنها مستديرة عند سطحها العلوى ، ومسطحة عند سطحها السفلى .

وعند انطلاق الكيس الأسبورانجى للأمام ، يكون السطح العلوى نصـــف الكـــروى مواجها لسطح العائق (الأعشاب المحيطة به فى الطبيعة) الذى سوف يصطدم بـــه . وحيث إن السطح العلوى للكيس الأسبورانجى جـــاف وأملس ، فإن النتيجة المتوقعـــة هى ارتداد الكيس الأسبورانجى بعد اصطدامه بسطح العائق ثم سقوطه مرة أخـــرى ، ولكن هذا لا يحدث فى الحقيقة .

وفى واقع الأمر ، ينطلق مع الكيس الأسبورانجى قطرة من العصير الخلوى اللزج ، ملتصقة بالسطح السفلى المسطح للكيس . وخلال الانطلاق ، يلتف الكيس الأسبورانجى حول نفسه ؛ حتى يصبح السطح السفلى فى مواجهة سطح العائق ويصطدم به ، وهنـــا تكون قطيرة العصير الخلوى اللزج هى أول ما يقابل سطح الاصطدام ؛ فتلتصـــق بـــه

مباشرة وخلفها الكيس الأسبورانجى الثقيل الـوزن نسبيا ؛ مما يزيد من قوة الاصطدام، ويلصقة بسطح العائق بشدة (شكل ٦ – ١٢) .

وحيث إن قطيـرة العصير الخلوى اللزج تحتوى على مادة ناشرة ، فإنها سـرعان ما تنتشر على هيئة طبقة رقيقة على سطح العائق (وهو فى الغالب سـطح النباتـات العشبية فى الطبيعة) . وسرعان ما تجـف هـذه المـادة اللزجـة ، تاركـة الكيـس الاسبورانجى ملتصقا بشدة على سطح النبات ، بحيث تصعب إزالته حتى عند سـقوط الامطار لفترات طويلة .



شكل (٦ – ١٢) : انطلاق الكيس الأسبورانجى للفطـر *Pilobolus kleinii* .
A = الكيس الأسبورانجى ملتصق به قطـيرة مـن العصـير الخلوى اللزج .
B = الكيس الأسبورانجـى بعد اصطدامه بالعائق ، والتصاقه عن طريق طبقة المادة اللزجة بالسطح .

وتعتبر الية الحركة الالتفافية للكيس الأسبورانجى فى الهواء خلال الفترة القصـيرة لقذفه (والتى تقدر بأقل من ٠,١ ثانية) من الأسرار الكامنة فى هذا الفطر الحـاذق . ولولا هذه الحركة الالتفافية البارعـة لاصطدمت الأكيـاس الأسـبورانجية بسـطحها العلوى الجاف بأوراق النباتات العشبية المحيطة بها ، وفشل الفطر فى الالتصاق بها .

وحيث إن الفطر يقذف أكياسه الأسبورانجية فى وقت الظهيرة فى اتجـاه شـروق الشمس ، فإنه يقوم بتوجيه حوامله الأسبورانجية ناحية الشمال الشرقى فـى النصـف الجنوبى من الكرة الأرضية ، وناحية الجنوب الشرقى فى النصف الشمالى منها ، كأنما هو بوصلة حيوية ؛ فأية براعة هذه ؟! .

ويرجع السبب فى الطبيعة الجافة للسطح العلوى للكيس الاسبورانجى إلى وجود نتوءات على سطحه شوهدت بالميكروسكوب الاليكترونى ، بالإضافة إلى وجود بلورات من املاح أكسالات الكالسيوم على السطح (Birkby & Preece, 1988) .

وبعد التصاق الاكياس الأسبورانجية بسطح النباتات العشبية ، لا تتحرر الجراثيم الاسبورانجية منها نتيجة التصاق الوسادة الجيلاتينية بسطح النبات ، ولكن يتم تحررها عندما يأكل أحد الحيوانات العشبية هذه النباتات ؛ حيث تؤدى عملية الهضم الى تحرر هذه الجراثيم داخل القناة الهضمية للحيوان .

ولا تتأثر حيوية الجراثيم الأسبورانجية المتحررة داخل القناة الهضمية للحيوان بعصارته الهضمية ، ولا بارتفاع درجة الحرارة النسبى داخلها . وتخرج هذه الجراثيم مع روث الحيوان بعد ذلك وهى نابتة ، حيث تستكمل نموها بعد ذلك .

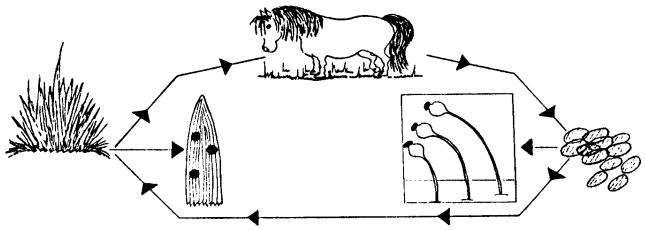
ويظهر فطر قاذف القبعة فى صفاته تأقلما واضحا مع ظروف النمو على روث الحيوانات العشبية ، فجراثيمه الأسبورانجية تنبت بطريقة أفضل عند رقم حموضة أعلى من ٦,٥ ، ويمكن تشجيع هذه الجراثيم على الإنبات عن طريق معاملتها بمحلول البنكرياتين القاعدى alkaline pencreatin .

وتنمو هيفات الفطر بصورة جيدة عند رقم حموضة ٧ ، ويمكن تشجيع النمو الفطرى على البيئات الصناعية؛ وذلك بإضافة الثيازول thiazole، أو الهيمين hemin ، أو الكوبروجين coprogen . ويعتبر الكوبروجين مركبا حديديا عضويا organo- iron compound ، ينتج بواسطة عديد من الفطريات والبكتيريا الموجودة فى الروث .

وفى النهاية ، فإن فطر قاذف القبعة ذا التركيب البسيط ، والتواضع الجم ، يعطينا مثالا جديرا بالاهتمام عن مدى تأقلم الفطريات مع بيئتها ، وكيف استطاعت أن تتغلب على مشاكلها الحيوية بدقة ومهارة ، قد تفوق براعة البشر بما لديهم من إمكانات وقدرات لا حدود لها .

لقد برع هذا الفطر – حقا – فى تحقيق هدفه ، وسلك فى ذلك أسلوبا فريدا بارعا لم يسبقه إليه كائن اخر . وهو بذلك يفتح الباب على مصراعيه للدارسين والباحثين للتنقيب فيما يحيط بنا من قدرات هائلة وهبها الله سبحانة وتعالى لتلك الكائنات الحية الدقيقة لنتعلم منها : ماذا تفعل ؟ ولماذا تفعل ؟ وكيف يمكنها ذلك ؟ فإذا تعلمنا منها زاد

إدراكنا لما يحيط بنا من الإبداع الإلهى ، واستفدنا منه فى حياتنا اليومية ، وفى دفع عجلة التطور والرقى إلى مستقبل أفضل للبشرية جمعاء .



شكل (٦ - ١٣) دورة حياة فطر قاذف القبعة *Pilobolus longipes* .

خامسا ـ فطر *Sphaerobolus* ؛ المدفعية الفطرية :

يعتبر هذا الفطر أحد فطريات الروث التابعة لطائفة الفطريات البازيدية رتبة Nidulariales . ويكون هذا الفطر أجساما ثمرية كروية الشكل ، برتقالية اللون ، يتراوح قطرها بين ٢ ملليمتر و ٢,٥ ملليمتر . وتتكون هذه الأجسام الثمرية على الروث القديم للحيوانات العشبية مثل الأبقار والأغنام .

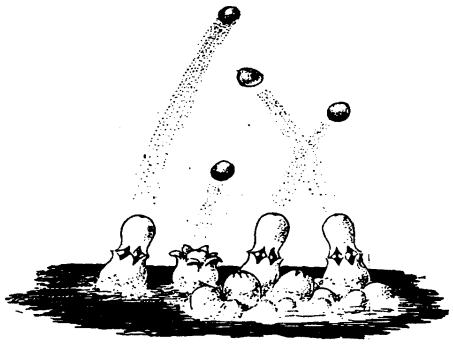
وتتشابه التراكيب الجرثومية لهذا الفطر مع تراكيب فطر قاذف القبعة *Pilobolus* ؛ وذلك من ناحية الانتحاء الضوئى phototropic response، وقذف الوحدات الجرثومية بقوة فى اتجاه مصدر الضوء . وفى الوقت نفسه يختلف الفطران فى وقت ظهورهما على الروث ، ففطر قاذف القبعة يظهر مبكرا ، بعد أيام قليلة من قذف الروث ، بينما تظهر تراكيب فطر *Sphaerobolus* على الروث القديم .

وتختلف قدرة قذف الوحدات الجرثومية فى كل من الفطرين ؛ ففى الوقت الذى يستطيع فيه الفطر *Pilobolus* قذف أكياسه الأسبورانجية الصغيرة – التى لا يتعدى قطرها ١٥٠ ميكرونا – إلى مسافة مترين رأسيا أو مترين ونصف المتر أفقيا ، فإن الفطر *Sphaerobolus* يقذف وحداته الجرثومية – التى يصل قطرها إلى ١٠٠٠ ميكرون (١ ملليمتر) – إلى مسافة مترين رأسيا أو أربعة أمتار أفقيا .

ولهذا فإن بعض المراجع تصف الفطر *Pilobolus* بانه البندقية الفطرية القريبة المدى the fungal shotgun ، فى الوقت الذى تصف فيه الفطر *Sphaerobolus* بانه المدفعية الفطرية the fungus artillery (Alexopoulos, 1962) .

ويلعب الضوء دورا كبيرا فى تكوين التراكيب الجرثومية للفطر *Sphaerobolus* ؛ ففى الوقت الذى تتكون فيه الأجسام الثمرية مطمورة فى مادة الروث ؛ فان فوهاتها تظهر على سطح الروث متجهة دائما ناحية مصدر الضوء ، قاذفة كرات اللب الخصيب peridiole بقوة وعنف ناحية الضوء ، ويصحب ذلك صوت مسموع يشبه دوى المدافع (شكل ٦ - ١٤) .

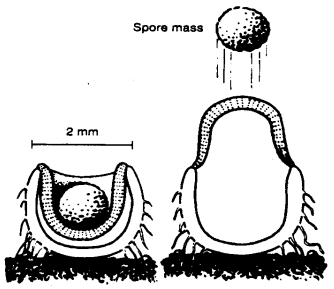
وتتلخص الية قذف كرات اللب الخصيب فى أن الجراب الثمرى peridium (الذى يتركب من ست طبقات مختلفة) يتمزق عند قمته ، فى الوقت الذى يتحول فيه الجليكوجين المخزن إلى سكريات مختزلة . وينتج عن هذا التحول زيادة الضغط الاسموزى ، وامتصاص كمية كبيرة من الماء ، فينتفخ الجسم الثمرى بدرجة كبيرة تؤدى إلى تمدد وانقلاب مفاجئ لطبقة الجراب الثمرى التى تقع أسفل اللب الخصيب glebal mass مباشرة (شكل ٦ - ١٥) .



شكل (٦ - ١٤) : الأجسام الثمرية لفطر *Sphaerobolus* (المدفعية الفطرية) قاذفة كرات اللب الخصيب ناحية مصدر الضوء .

ويؤدى ذلك إلى دفع اللب الخصيب إلى أعلى ، فى انفجار قوى له صوت مسموع؛ بحيث يندفع اللب الخصيب فى الهواء لمسافة بعيدة . ويلتصق اللب الخصيب بما يحيط به من عوائق (مثل الأعشاب والنباتات) التصاقا شديدا ؛ بحيث تصعب إزالته منها حتى تحت ظروف المطر الشديد .

وتحتفظ كرات اللب الخصيب بحيويتها لفترات طويلة ، قد تصل إلى عدة سنوات . وعندما تأكل الحيوانات العشبية هذه النباتات التى يلتصق على سطحها كرات اللب الخصيب للفطر *Sphaerobolus* ، فإنها لا تتأثر بالعصارات الهاضمة بمعدة الحيوان ، وتعود مرة أخرى إلى الروث لكى تعيد دورة الفطر . ومن أهم الأنواع التابعة لفطر المدفعية الفطرية الفطر *S. stellatus* الذى تظهر تراكيبه الثمرية على الروث القديم للأبقار والأغنام .



شكل (٦ - ١٥) : آلية إطلاق كرة اللب الخصيب فى فطر المدفعية الفطرية *Sphaerobolus* . يلاحظ انتفاخ الجسم الثمرى قبيل قذف كرة اللب الخصيب ، حيث يؤدى ذلك إلى تمدد طبقة الجراب الثمرى وانقلابها فجأة ، قاذفة كرة اللب الخصيب ناحية مصدر الضوء لمسافة تصل إلى أكثر من مترين .

سادسا ـ الفطر *Basidiobolous* ورحلته العجيبة :

يعتبر الفطر *Basidiobolus ranarum* واحدا من الفطريات القليلة التى تتكون تراكيبها الجرثومية على كتل براز بعض الحيوانات البرمائية ؛ حيث وجد ان هذا الفطر يتخصص فى النمو على براز الضفادع ؛ متخذا دورة حياتية تشمل أكثر من كائن حى .

ويتبع هذا الفطر طائفة الفطريات الزيجية Zygomycetes ، رتبة الانتوموفثورات Entomophthorales . ويتواجد هذا الفطر فى القناة الهضمية للضفادع على صورة خلايا كروية كبيرة أو جراثيم يصل قطرها إلى حوالى ٢٠ ميكرونا .

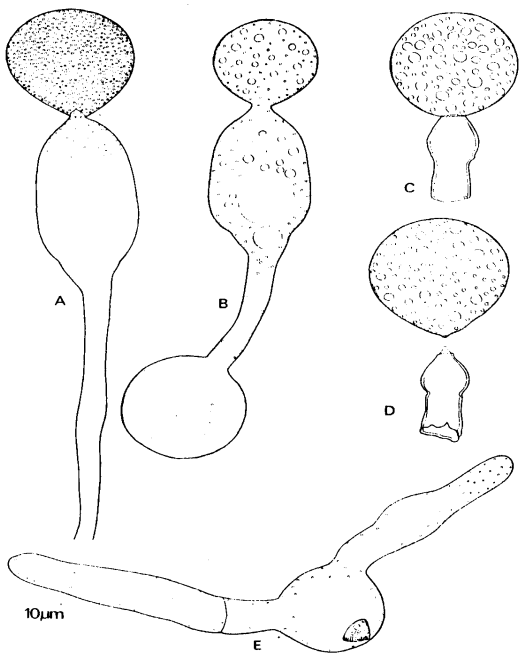
وتنمو هيفات هذا الفطر على كتل براز هذه الحيوانات البرمائية ، ثم تتكون الحوامل الكونيدية بعد ذلك . وتتميز هذه الحوامل بانتحائها ناحية مصدر الضوء phototropic response ؛ مشابهة فى ذلك سلوك الحوامل الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة .

ويحمل الحامل الكونيدى كونيدة واحدة على قمته ، تشبه شكل بذرة البرتقال . وعند تكوين الكونيديات ، تتكون أسفلها حويصلة تحت كونيدية ، فإذا نضجت الكونيدة انفجرت الحويصلة ، مطلقة الكونيدة ومعها جزء يسير من العصير الخلوى خلفها لمسافة تتراوح بين ١٠ ملليمترات و ١٢ ملليمترا (شكل ٦ – ١٦) .

وتلتصق الكونيديات بسطوح أوراق الأعشاب البرية ، ثم تصبح بعد ذلك طعاما للخنافس ، إلا أن هذه الكونيديات لا تنبت داخل قناتها الهضمية ، ولا تتأثر بالعصارات الهضمية ، ويمكن اعتبار حشرات الخنافس فى هذه الحالة حاملا سلبيا لكونيديات الفطر (شكل ٦ – ١٧) .

وسرعان ما تصبح هذه الخنافس طعاما للضفادع ؛ حيث تهضم وتتحرر كونيديات الفطر داخل القناة الهضمية للضفادع . وتنشط هذه الكونيديات ، وتنقسم إلى عديد من الخلايا الكروية ، وتخرج مع كتل براز الضفادع ، ثم تنمو بعد ذلك مكونة هيفات فطرية تحمل حوامل كونيدية تعيد دورة الحياة .

وعن طريق هذه الآلية الخاصة فى الانتشار ، يستطيع الفطر *B. ranarum* الوصول إلى أماكن بعيدة ، مستفيدا بحركة الخنافس الواسعة وانتقال الضفادع من مكان لاخر .



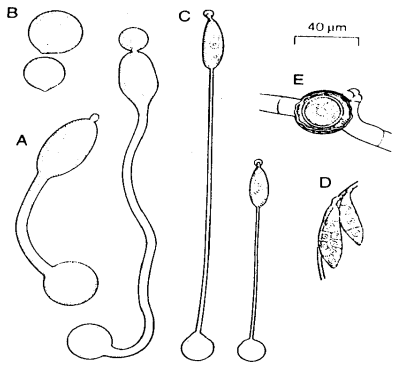
شكل (٦ - ١٦) : الفطر *Basidiobolus ranarum* .

a = تكوين الحامل الكونيدى ، حاملا كونيدة واحدة طرفية ، وتظهر منطقة ضعيفة عند قاعدة الحويصلة تحت الكونيدية .

b = كونيدة نابتة منتجة حامل كونيدى ثانوى .

c = كونيدة منطلقة ، بينما يكون الجزء العلوى من الحويصلة منفصلا عن باقى الحامل الكونيدى .

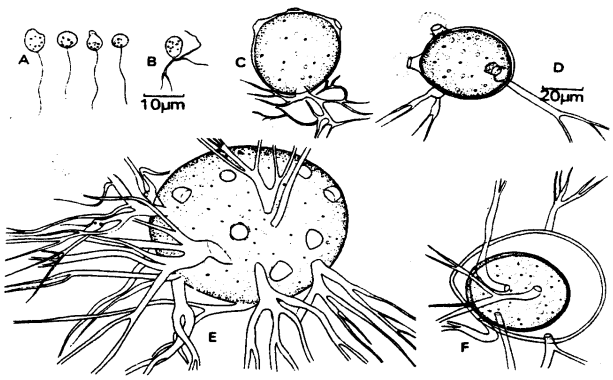
d = كونيدة نابتة منتجة ميسليوم مقسم .



شكل (٦ - ١٧) : مراحل دورة حياة الفطر *Basidiobolus ranarum* .
A = تكوين كونيدة تتحرر عن طريق الانطلاق بقوة .
B = كونيدة تم تحررها ، يشاهد بها الحليمة papillae .
C = كونيديات ثانوية خيطية الشكل secondary capiliconidia متكونة على كونيدة أولية سبق تحررها .
D = كونيدة خيطية متعلقة بجسم عائل حشرى .
E = تكوين جرثومة زيجية zygospore .

وهناك أمثلة أخرى قليلة لفطريات تنتشر عن طريق عوائل مختلفة ؛ مثال ذلك الفطر الكيتريدى *Rhizophlyctis rosea* (شكل ٦ - ١٨) ، والفطر الهيبوكيتريدى *Hypochytrium catenoides* .

ويعتبر الفطران السابقان من فطريات التربة ؛ حيث يكونان جراثيم هدبية تتحرك لفترة ؛ ثم تفقد أهدابها وتسكن . وتبقى هذه الجراثيم ساكنة فى التربة ، حتى تبتلعها ديدان الأرض مع المواد العضوية التى تتغذى عليها ، وتبقى ساكنة داخلها .



شكل (٦ - ١٨) : الفطر *Rhizophlyctis rosea* .

A = جراثيم هدبية سابحة zoospores .
B = ثالوس فطرى صغير العمر ، متكون على جرثومة هدبية نابتة .
C = ثالوس فطرى متقدم فى العمر ، تظهر عليه ثلاث حليمات متفتحة dehiscence papillae .
D = ثالوس فطرى يظهر به سدادات هلامية mucilage plugs على فتحات الحليمات .
E = ثالوس فطرى ناضج يحمل كيس أسبورانجى كروى الشكل ، وسبع حليمات واضحة.
F = جرثومة ساكنة متكونة داخل كيس أسبورانجى فارغ .

وعندما تلتقط بعض الطيور – مثل الطائر الأسود the black bird (*Turdus merula*) – هذه الديدان ، فإن جراثيم الفطر تبقى حية داخل القناة الهضمية للطائر ، ثم تقذف مع كتل برازه بعد ذلك .

وتنشط هذه الجراثيم على زرق الطائر الأسود ؛ حيث تنبت وتنمو هيفاتها مغطية سطح الزرق ، ثم تتكون الجراثيم الهدبية التى تجد طريقها إلى التربة وتعيد دورة الحياة مرة أخرى . ويؤدى الاعتماد على ديدان الأرض والطائر الأسود إلى اتساع نطاق انتشار الفطر .

سابعا ـ تحلل براز الحيوانات مفصليات الأرجل :

يمثل براز الحشرات والأكاروس والحلم – وغيرها من مفصليات الأرجل – مصدرا غنيا بالمادة العضوية ، والتى تنمو عليه هذه المجموعة من الفطريات . وتعتبر هذه الحيوانات الصغيرة microfauna من المتغذيات الرئيسية على أوراق الأشجار التى تتساقط موسميا فى الغابات .

وتعود نسبة عالية من هذه المواد النباتية مرة أخرى إلى التربة على صورة كتل من براز هذه الحيوانات الصغيرة ، تتراوح بين ٦٠٪ و ٩٠٪ من كمية المواد النباتية المأكولة . ويحتوى براز هذه الحيوانات الصغيرة على المواد النباتية المعقدة الصعبة التحلل، والتى لا تستطيع هذه الحيوانات هضمها ؛ مثل : اللجنين ، بالإضافة إلى بعض السيليلوز .

وتتفاوت قدرة الحيوان المفصلى الأرجل على هضم هذه المواد النباتية المعقدة ، معتمدا فى ذلك على وجود بعض الكائنات الحية الدقيقة فى قناته الهضمية intestind microflora التى تنتج إنزيمات محللة للسيليلوز ، وتساعده على هضم غذائه .

ولقد درس Nicholson et al (1966) كتل براز الديدان ذات الألف قدم millipede (*Glomeris marginata*) التى تتغذى على أوراق أشجار البندق *Corylus avellana*) ؛ حيث وجد أن حوالى ٩٠٪ من الأوراق التى تتغذى عليها هذه الديدان تعود مرة أخرى بدون هضم على صورة كتل برازية .

وعند تحليل الكتل البرازية للديدان ذات الألف قدم ، وجد أن السليلوز يمثل أكثر من ٧٠٪ من وزنها . وترتفع نسبة المركبات النتروجينية فى هذه الكتل البرازية ، وخاصة الأمونيا ، وكانت هذه النسبة أعلى مما تحتويه أوراق الأشجار نفسها ؛ ولذلك فإن هذه الديدان تلتهم كميات كبيرة من أوراق الأشجار ذات القيمة الغذائية المنخفضة ، ثم تخرجها دون أن تحلل المركبات النباتية المعقدة .

ويؤدى تراكم كرات براز هذه الحيوانات مفصليات الأرجل – وغيرها من الحيوانات الأخرى الاكلة العشب – على أوراق الأشجار المتساقطة على أرضية الغابات إلى تنشيط الفطريات المحللة للسيليلوز واللجنين ، والى إعادة التوازن البيئى .

وتتميز كرات روث حيوانات الغابة بقدرتها العالية على الاحتفاظ بالماء ؛ وهى أعلى من قدرة أوراق الأشجار التى تتراكم فى الطبيعة متعرضة للجفاف ؛ فعلى سبيل المثال لا يقل محتوى رطوبة براز الديدان ذات الالف قدم عن ٦٠٪ خلال فصل الجفاف ؛ فى الوقت الذى تجف فيه أوراق الاشجار المتساقطة على الأرض ؛ مما يتيح للفطريات النمو على براز هذه الحيوانات الصغيرة حتى تحت هذه الظروف .

وبالإضافة إلى ذلك ، فإن محتوى النتروجين فى براز هذه الحيوانات مرتفع نسبيا ؛ حيث يصل إلى حوالى ١,٧٪ من وزنه ، بينما لا يزيد على ١,٤٪ فى أوراق الأشجار؛ مما يشجع نمو العشائر الفطرية على هذه الكتل البرازية، ويزداد معدل تحليل المركبات العضوية المعقدة بها مثل اللجنين .

وتشارك العشائر البكتيرية – أيضا – فى تحليل كرات براز هذه الحيوانات الصغيرة ؛ حيث تنشط خلال الأسبوعين الأولين من التحليل ، ثم يقل نشاط هذه البكتيريا ، وتبدأ الفطريات فى نشاطها ؛ متتابعة فى ظهورها .

وتحتوى كرات البراز الطازج لهذه الحيوانات المفصليات الأرجل على حوالى كيلومتر من الهيفات الفطرية لكل جرام مادة جافة ، يزداد حتى يصل إلى ٢,٥ كيلومترا لكل جرام خلال ٢٨ يوما . وهذا يفسر سرعة تحلل كرات براز الحيوانات الاكلة العشب – بصفة عامة – بالمقارنة بتحلل أوراق الأشجار الخام (Hudson, 1986) .

وعلى سبيل المثال تمت دراسة نشاط الفطريات الموجودة على كتل براز ذبابة الكاديس (*Eniocyla pusilla* Caddis fly) ، وقورن هذا النشاط الفطرى بنظيره على أوراق شجرة البلوط الخام التى تتغذى عليها الذبابة ، فوجد أن هذا النشاط يزداد إلى سبعة أضعاف على كتل براز ذباب الكاديس (Hudson, 1986) .

ولقد وجد – أيضا – زيادة نشاط الفطريات الهيفية والخمائر على كتل براز ديدان الأرض ، حيث يحتوى هذا البراز على نتروجين كلى أعلى مما تحتوى عليه التربة العضوية التى تنمو فيها هذه الديدان . ويوجد هذا النتروجين على صورة مركبات قابلة للاستفادة بفطريات الروث مثل الأمونيا ؛ مما يشجع نمو هذه الفطريات .

ثامنا ـ تخصص فطريات الروث :

تصنف الحيوانات الثديية العشبية إلى مجموعات مختلفة تبعا لطريقة هضمها لغذائها ؛ فعلى سبيل المثال ، تحتوى الحيوانات المجترة – مثل الأبقار ، والماعز ، والأغنام – على عدة معى ، حيث تعيد اجترار طعامها ، بعكس الحال فى الخيل والأرانب . وهناك فارق اخر ، هو أن بعض الحيوانات تعيد أكل برازها كالأرانب ، بعكس الحيوانات الأخرى .

وتختلف المدة اللازمة لهضم العلف الذى تتناوله هذه الحيوانات ، وايضا تتباين مدة بقائه فى القناة الهضمية بين ساعات قليلة وعدة أيام ؛ ولذلك فانه من المتوقع اختلاف عشائر الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى روث هذه الحيوانات ؛ حتى لو اشتركت فى تناول نفس الغذاء .

وتعتبر الدراسات التى أجريت على ارتباط بعض فطريات الروث بحيوانات عشبية معينة دراسات قليلة نسبيا ، إلا أن نتائجها أظهرت بعضا من التخصص فى ظهور تراكيب جرثومية معينة على روث بعض الحيوانات العشبية دون الأخرى . ولقد شملت بعض هذه الدراسات كتل براز الحشرات والزواحف والحيوانات البرمائية .

فعلى سبيل المثال ، يكون الفطر *Coprobia granulata* أجساما ثمرية مفتوحة apothecia على روث الأبقار ، ولكن مثل هذه الأجسام الثمرية لا تشاهد على روث الخيل ، حتى لو اشتركت الأبقار والخيل فى تناول نفس العلف .

وفى دراسة قام بها Richardson (1972) لفطريات الروث التابعة لطائفة الفطريات الأسكية على الأنماط المختلفة لروث الحيوانات الاكلات العشب ، وجد أن بعض الفطريات – مثل *Podospora curvula* و *Ascobolus immersus* – تتخصص فى النمو وتكوين تراكيبها الجرثومية على روث الحيوانات المجترة ، بينما يتخصص الفطران *Thelebolus stercoreus* و *Podospora appendiculata* فى النمو وتكوين تراكيبها الجرثومية على كتل براز الحيوانات القارضة كالأرانب .

وتدل نتائج أبحاث أخرى على ارتباط الفطر *Stropharia segmiglobata* بروث الأغنام ، والفطر *Poronia punctata* بروث الخيل . ويعتبر روث الأبقار غنيا بالفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة؛ مثل الفطر *Coprobia granulata*،

بالإضافة إلى فطر عيش الغراب ذى القبعة الحبرية *Coprinus* التابع للفطريات البازيدية .

كما حظيت دراسة الفطريات النامية على كتل براز الحيوانات البرية الصغيرة والحيوانات البرمائية ببعض اهتمام الباحثين ؛ حيث وجدت الأجسام الثمرية الدورقية للفطر الأسكى *Phaeotrichum hystricinum* على كتل براز حيوان القنفد ، وأيضا بعض الأنواع الفطرية التابعة للفطر الزيجى *Dimargaris* على كتل براز الفئران

ومن ناحية أخرى ، درس كثير من الباحثين الفروق الموجودة بين أنواع الفطريات التى تكون تراكيبها الجرثومية على روث وكرات براز الحيوانات العشبية المختلفة ؛ فلقد جمع الباحثان Angel & Wicklow (1975) عينات روث من حيوانات عشبية كالماشية والأرانب وبعض الحيوانات الصغيرة من ولاية كلورادو بالولايات المتحدة .

وعند تحضين عينات الروث وكرات البراز السابقة فى غرفة رطوبة ، وجد حوالى ٣٥ نوعا من الفطريات المختلفة على روث الماشية ، بينما ظهر على كرات الحيوانات الصغيرة ١١ نوعا فطريا فقط .

وفى دراسة أخرى لاحقة ، درس Wicklow et al (1980) التراكيب الجرثومية التى تكونها بعض الفطريات النامية على كتل براز الأرانب والأغنام المتغذية على نفس العشب ؛ حيث وجد ١٣ نوعا من هذه الفطريات تتكون على كتل براز الأغنام ، و ١٩ نوعا فطريا على كتل براز الأرانب . وتدل هذه النتائج على أن اختلاف مراحل هضم العلف والمدة اللازمة لذلك ، قد يكونان من العوامل الهامة المؤثرة فى تحديد أنواع الفطريات التى تظهر على روث الحيوانات العشبية .

واتجه الباحث Richardson (1972) اتجاها اخر فى دراسة هذه الفطريات ؛ حيث جمع عينة من روث وكتل براز ستة نماذج مألوفة لحيوانات عشبية هى أرانب برية وأرانب منزلية ، وخراف ، وأبقار ، وخيل ، وأيائل اليحمور roe deer من مناطق مختلفة ، ثم سجل التراكيب الجرثومية الفطرية التى تظهر متتابعة خلال ٢ – ٣ شهور من التحضين فى غرفة رطوبة .

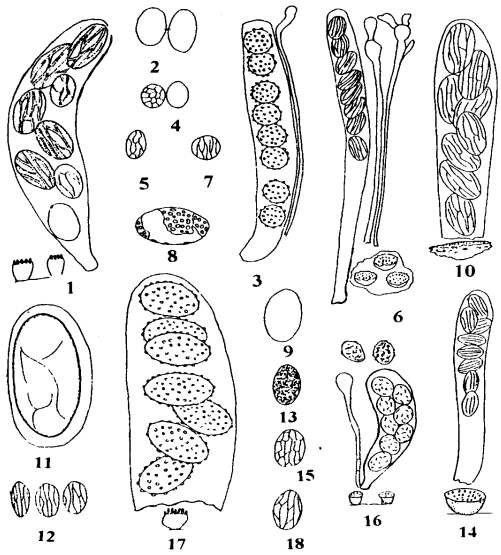
ولقد أظهرت نتائج هذه الدراسة ارتباط بعض أنواع الفطريات بأنماط محددة من روث وكتل براز هذه الحيوانات ، بينما كانت بعض هذه الفطريات شائعة الانتشار على

مختلف انماط عينات الروث تحت الدراسة .

فعلى سبيل المثال ، وجدت على روث الحيوانات المجترة الفطريات التالية : *Coprobia granulata* ، و *Ascobolus furfuraceus* ، و *A. immersus* ، و *Lasobolus ciliatus* ، و *Ascophanus microspora* ، و *Podospora curvula* ، بينما وجدت فطريات أخرى مصاحبة لكتل براز الحيوانات القارضة كالأرانب ؛ مثال ذلك *Sporormia bipartis* ، و *Thelebolus stercoreus* و *Coniochaeta* spp. و *Podospora appendiculata* و *P. setosa* .

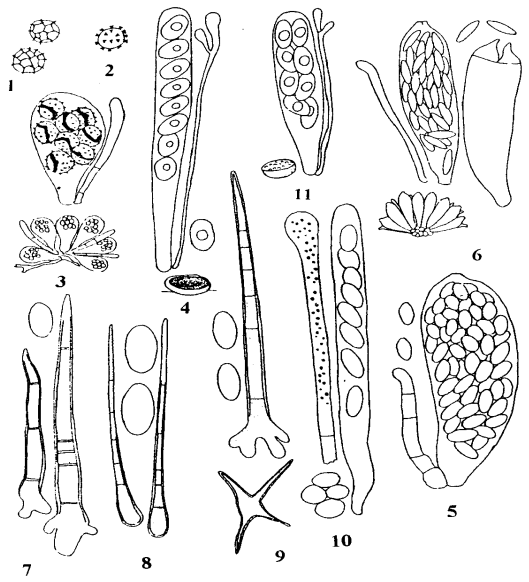
كما أظهرت الدراسة السابقة شيوع وجود بعض الفطريات على مختلف انماط الروث ؛ مثال ذلك الفطريات : *Thelebolus nanus* ، و *Ascobolus albidus* ، و *Podospora vesticola* .

وعلى الرغم من الدراسات السابقة ، فانه لا يزال من غير المعروف الأسباب التى تحدد ارتباط بعض الفطريات بأنماط محدودة من روث الحيوانات الاكلات العشب . وقد تلعب مجموعة من العوامل دورا فى ذلك ؛ مثل اختلاف مراحل هضم الحيوان لغذائه ، وتنافس الأحياء الدقيقة فى روث الحيوان على الغذاء ، أو إفرازها لمواد مثبطة أو مشجعة للنمو . ولا يزال هذا الموضوع فى احتياج إلى مزيد من البحث والدراسة ؛ وذلك لأهمية فطريات الروث فى تحليل بقايا المواد العضوية الصعبة التحلل ؛ مما يعيدها مرة أخرى لتصبح قابلة للاستفادة بواسطة النبات ، حافظة للبيئة من التلوث .



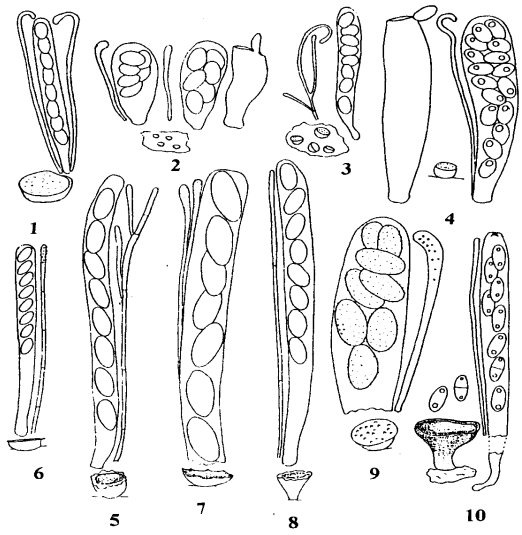
شكل (٦ - ١٩) : بعض فطريات الروث الأسكية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة Discomycetes التابعة للجنس *Ascobolus* .

1 - *A. albidus*
2 - *A. boudieri*
3 - *A. brassicae*
4 - *A. carletonii*
5 - *A. crenulatus*
6 - *A. crenulatus*
7 - *A. crevinus*
8 - *A. degluptus*
9 - *A. elegans*
10 - *A. furfuraceus*
11 - *A. immersus*
12 - *A. lignatilis*
13 - *A. mancus*
14 - *A. minutus*
15 - *A. perplexans*
16 - *A. rhytidisporus*
17 - *A. roscopurpurcus*
18 - *A. stictoideus*



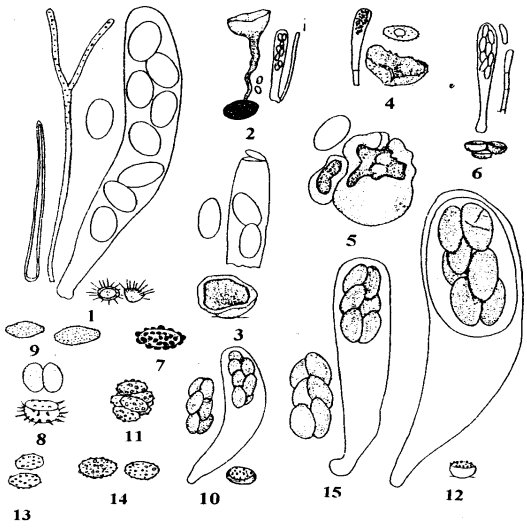
شكل (٦ – ٢٠) : بعض فطريات الروث التابعة للفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة Discomycetes .

1 - *Ascodesmis microscopica*
2 - *A. nigricans*
3 - *A. porcina*
4 - *Ascophanus misturae*
5 - *Ascozonus leveilleanus*
6 - *A. woolhopensis*
7 - *Cheilymenia fumicola*
8 - *C. raripila*
9 - *C. stercorea*
10 - *Coprobia granulata*
11 - *Coprotus aurorus*



شكل (٦ – ٢١) : بعض فطريات الروث التابعة للفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة Discomycetes .

1 - *Coprotus glaucellus*
2 - *C. granuliformis*
3 - *C. lactcus*
4 - *C. sexdecemsporus*
5 - *Fimaria cervaria*
6 - *F. equina*
7 - *F. hepatica*
8 - *F. theioleuca*
9 - *Iodophanus carneus*
10 - *Lanzia cuniculi*



شكل (٦ – ٢٢) : بعض فطريات الروث التابعة للفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة Discomycetes.

1 - *Lasiobolus papillatus*
2 - *Martininia panamensis*
3 - *Peziza bovina*
4 - *P. pleurota*
5 - *P. vesiculosa*
6 - *Pezizella albula*
7 - *Saccobolus beckii*
8 - *S. caesariatus*
9 - *S. citrinus*
10 - *S. depauperatus*
11 - *S. dilutellus*
12 - *S. glaber*
13 - *S. globuliferellus*
14 - *S. obscurus*
15 - *S. versicolor*

تاسعا - تفسير تتابع ظهور فطريات الروث :

اهتم كثير من الباحثين بدراسة تتابع ظهور التراكيب الجرثومية للفطريات التى تنمو على روث الحيوانات الاكلات العشب ؛ حيث لوحظ ان هذا التتابع يرتبط بترتيب رقى هذه الفطريات، كما يرتبط بتصنيفها فى المملكة الفطرية ؛ حيث تظهر الفطريات الزيجية اولا ، تليها الفطريات الاسكية ، ثم الفطريات البازيدية التى تعتبر ارقى الفطريات .

ولقد ظهرت عدة نظريات فى محاولات عديدة لتفسير تتابع ظهور هذه الفطريات على الروث ، تناقش مدى سرعة انبات جراثيم الفطريات المختلفة فى الروث ، ومعدل نمو هيفاتها ، وسرعة تكوينها للتراكيب الجرثومية ، وعلاقة ذلك بتحلل المكونات الصعبة فى الروث كالسيليلوز واللجنين ، وعلاقة الفطريات المختلفة بعضها ببعض فى مادة الروث ، وغير ذلك من علاقات حيوية يمكن مناقشتها فى النظريات التالية .

١ - النظرية الغذائية The nutritional hypothesis :

يشار - عادة - إلى تتابع ظهور التراكيب الجرثومية الفطرية التى تظهر على روث الحيوانات العشبية كمثال نموذجى لتتابع الفطريات على أحد البيئات الغذائية المتخصصة فى الطبيعة . ولكن يصعب - فى الحقيقة - التنبؤ بظهور فطر ما مبكرا عن فطر اخر ، أو توقع تتابع معين للفطريات .

ويعتبر الباحثان (Massee & Salmon (1901 , 1902 من أوائل من درس تتابع فطريات الروث . وحتى منتصف الستينيات ، لم يكن معروفا - على وجه التحديد - الأسباب التى تحدد هذا التتابع (Harper & Webster, 1964) ، وحتى ذلك الوقت كان التفسير المنطقى لهذا التتابع هو اختلاف التركيب الغذائى للمواد العضوية المتحللة؛ حيث يلائم كل فطر من هذه الفطريات النامية مرحلة معينة من مراحل التحليل .

ويحتوى الروث الطازج على نسبة من السكريات البسيطة القابلة للذوبان فى الماء ، بالإضافة إلى كميات من النشا والمواد النتروجينية العضوية التى سرعان ما تستهلك بواسطة هيفات الفطريات ، بينما تتبقى المواد الأخرى المعقدة مثل الهيميسليلوز والسيليلوز ، واللجنين ؛ حيث يتم تحليلها والاستفادة منها بعد ذلك .

وتعتبر الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات Mucorales أول من يظهر تراكيبه الجرثومية على الروث ، حيث تتميز جراثيمها بسرعة إنباتها ، كما تسرع هيفاتها غير المقسمة فى معدل نموها ؛ مستهلكة السكريات والمركبات العضوية البسيطة الأخرى ، بينما لا تستطيع هذه الفطريات تحليل المركبات المعقدة كالسيليلوز واللجنين .

وتفترض النظرية الغذائية أن اختفاء الفطريات الزيجية يرجع الى استنفاذ المركبات الكربوهيدراتية البسيطة من الروث ؛ حيث تترك المجال للفطريات الاسكية المحللة للسيليلوز ، ثم تظهر – فى النهاية – الفطريات البازيدية المحللة للجنين ، التى تنمو على الروث دون منافس .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن هناك بعض الاعتراضات على النظرية الغذائية ؛ حيث إنها لم تأخذ فى الحسبان أن جراثيم هذه الفطريات يتم تشجيعها على الإنبات خلال مرورها فى القناة الهضمية للحيوانات العشبية ، كما أن اختفاء الفطريات الزيجية لا يرتبط – عادة – بانخفاض مستوى المركبات العضوية البسيطة القابلة للذوبان فى الماء.

وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن جراثيم الفطريات الأسكية والبازيدية تنبت بسرعة أقل، كما أن معدل نمو هيفاتها بطئ ، بالمقارنة بنمو هيفات الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات ، وهذا يضيف إلى النظرية الغذائية السلوك الفسيولوجى للمجاميع المختلفة من فطريات الروث التى تتعاقب فى نموها على الروث .

وتعطى هذه النظرية تصورا مقبولا لتتابع هذه الفطريات على روث الحيوانات العشبية ، والأسباب المنطقية التى أدت إلى ذلك ، إلا أنه يؤخذ على هذه النظرية إغفالها العوامل البيئية التى تحيط بالروث أثناء تحلله ، وظهور هذه الفطريات عليه .

٣ – الوقت اللازم للتكاثر :

تعتمد هذه النظرية على الوقت اللازم لاستكمال نمو هيفات الفطر وتكوينها للتراكيب التكاثرية ، سواء أكانت أكياسا أسبورانجية sporangia ، أم أجساما ثمرية أسكية

دورقية perithecia ، أم مفتوحة apothecia ، أم أجساما ثمرية بازيدية من النوع التابع لفطريات عيش الغراب الأجاريكية agaric type .

وفى بعض الحالات ، لا يرتبط تتابع تكوين ميسليوم الفطر بظهور تراكيبه التكاثرية . ويعتبر سرعة إنبات الجراثيم – وما يتبعه من معدل نمو الهيفات الفطرية – من العوامل الهامة لتقدير معدل استفادة الفطر من المواد العضوية الموجودة فى الروث .

وعند اختبار إنبات جراثيم فطريات الروث المختلفة على بيئة الاجار فى المعمل يلاحظ أنها تتباين فى سرعة إنباتها ، بل إن بعض هذه الجراثيم تفشل فى الإنبات ؛ وذلك لعدم مرورها خلال القناة الهضمية للحيوانات العشبية ؛ حيث تؤدى هذه المعاملة إلى تشجيع هذه الجراثيم على الإنبات ، وكسر طور السكون عن طريق تعرضها للعصارات الهضمية .

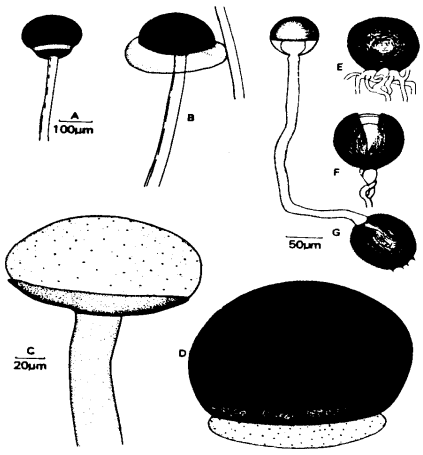
وعلى سبيل المثال ، وجد أن معظم جراثيم الفطر *Pilaira anomala* تنبتت بعد تعرضها للعصارات الهضمية فى الحيوانات العشبية ، بينما لا يتم إنبات سوى ٥٪ فقط من الجراثيم التى تعرضت لحرارة ٣٧°م لمدة ٣ ساعات .

وفى دراسة مقارنة لمعرفة مدى تأثير العصارة المعدية على معدل إنبات بعض فطريات الروث ، قدر الباحثان Harper & Webster (1964) معدل إنبات جراثيم الفطر *P. anomala* المعزولة من كتل براز الأرانب بعد تعرضها لمعاملة تُناظر مرورها فى القناة الهضمية للأرانب .

وتتلخص هذه المعاملة بوضع جراثيم الفطر فى محلول البنكرياتين pancreatin القاعدى (رقم حموضته ٩) على درجة حرارة ٣٧°م لمدة ثلاث ساعات ، ثم غسلها بالماء للتخلص من تأثير المحلول السابق ، ووضعها على بيئة اجار الروث dung agar وتحضينها فى المعمل على درجة حرارة حوالى ١٨°م .

ولقد أظهرت نتائج الدراسة السابقة أن هذه المعاملة أدت إلى تشجيع إنبات الجراثيم وكسر طور السكون بها ؛ حيث تم إنبات معظم هذه الجراثيم خلال ٦ ساعات على بيئة اجار الروث ، كما زاد معدل نمو أنابيب الإنبات ومعدل نمو الهيفات الفطرية .

ومن ناحية أخرى ، لم تظهر الدراسات المختلفة على فطريات الروث وجود ارتباط معنوى بين معدل نمو الميسليوم الفطرى والوقت اللازم لتكوين تراكيبـــها التكاثريـــة . فعلى سبيل المثال وجد أن معدل نمو الفطر *Sordaria fimicola* كان ١٩ ملليمـــترا / يوم ، بينما كان معدل نمو الفطر *Ascobolus glaber* ١٢ ملليمترا / يوم ، وظـــهرت الأجسام الثمرية للفطر الأول بعد ٩ ، أيام وللفطر الثانى بعد ١١-١٢ يوم .



شكل (٦ - ٢٣) : الفطر *Pilaira anamala* .

A = حامل أسبورانجى نام على كتل براز الأرانب ؛ حيث يبدو تشقق الجدار عند قاعدة الكيس الأسبورانجى .
B = كيس أسبورانجى محاط به حلقة مخاطية ملتصقة بالهيفا الفطرية .
C = عويمد columella بعد انفصال الكيس الأسبورانجى .
D = كيس أسبورانجى منفصل ، موضحا الحلقة المخاطية القاعدية .
E = جرثومة زيجية .
F.G = مراحل إنبات الجرثومة الزيجية .

وعلى العكس من المثال السابق، وجد أن معدل نمو الفطر *Unco macedo* كان ٩,١ ملليمترا يوميا ، وللفطر *Pilaira anamala* كان ٤,٨ ملليمترا يوميا . وعلى الرغم من معدل النمو الميسليومى للفطرين السابقين ، فإن تراكيبهما التكاثرية تكونت بعد يومين فقط (Hudson. 1986) .

ويعتبر معدل نمو ميسليوم الفطر *Coprinus* بطيئا نسبيا ؛ حيث يتراوح بين ٣,٢ و ٤,٤ ملليمترا يوميا ، ولكن هذا المعدل البطئ قد يكون أسرع نسبيا من نمو هيفات بعض الفطريات الأسكية التى تكون ثمارها قبل هذا الفطر البازيدى .

وعلى ذلك ، فإن جراثيم الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات تنبت بسرعة وتنمو أنابيب إنباتها وهيفاتها أسرع من غيرها من الفطريات الأخرى النامية على روث الحيوانات الاكلة العشب ، كما أنها تكون حواملها الأسبورانجية وتنضج أكياسها الأسبورانجية أسرع من أى فطر اخر ؛ وبالتالى فهى تسبق جميع الفطريات فى الظهور على الروث .

والتفسير الذى تقترحه هذه النظرية لتتابع ظهور فطريات الروث هو أن كل فطر يحتاج إلى وقت كاف لتكوين تراكيبه التكاثرية وظهورها على الروث ؛ فعلى سبيل المثال تحتاج الأجسام الثمرية البازيدية لفطريات الروث الأجاريكية agaric type إلى وقت طويل لتكوينها ، بالمقارنة بالوقت اللازم لتكوين الحوامل الأسبورانجية والأكياس الأسبورانجية للفطريات الزيجية .

وبالإضافة إلى ما سبق ، يلعب التوازن الحيوى وعلاقة الفطريات بعضها ببعض فى الروث دورا فعالا فى تحديد ترتيب ظهور التراكيب التكاثرية لهذه الفطريات ؛ مثل التنافس الداخلى بين الأحياء الدقيقة داخل الروث على المواد الغذائية ، وما يتبعه من علاقات معقدة بين هذه الأحياء الدقيقة .

ويشترك فى هذا التنافس عديد من الكائنات الحية الدقيقة التى تتواجد طبيعيا فى الروث ؛ مثل : البكتيريا ، والبرتوزوا ، والفطريات ، والنيماتودا . وبعد قذف الروث على سطح الأرض يكون هدفا لعديد من الكائنات الحية الأخرى لتتغذى عليه ؛ مثل : الحشرات ، والحلم ، وديدان الأرض .

٣ – التنافس على العناصر الغذائية :

تبدأ جراثيم الفطريات المختلفة فى الإنبات بعد قذف الروث مباشرة ، متنافسة على المركبات الكربوهيدراتية البسيطة أثناء نموها . وفى الوقت الذى تبدأ هيفات الفطريات الاسكية والبازيدية فى إفراز انزيماتها المحللة للهيميسيليلوز والسيليلوز ، تكون الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات قد بدأت فى تكوين حواملها الأسبورانجية .

وفى هذه المرحلة ، تبدأ الفطريات الأسكية فى تكوين أجسامها الثمرية ، وتستمر فى ذلك ما دام يوجد مصدر كاف من السيليلوز يسد احتياجاتها الغذائية . وأخيرا لا يتبقى فى الروث سوى اللجنين ، الذى لا تحلله سوى الفطريات البازيدية ؛ حيث تحلل جميع المركبات العضوية المعقدة تحليلا تاما ، ثم تبدأ فى تكوين أجسامها الثمرية قبل استنفاذ مصادر الغذاء فى الروث .

ويعتبر التصور السابق هو تفسير لتتابع فطريات الروث المعتمد على تنافس هيفات هذه الفطريات على العناصر الغذائية ، وقد يكون ذلك صحيحا من الناحية النظرية ، إلا أن التنافس بين هذه الفطريات – فى الواقع – يكون أكثر تعقيدا . ويستمر تحليل مكونات الروث بفعل طوائف الفطريات المتتالية ، التى لا تكاد تختفى طائفة حتى تظهر غيرها.

ولا يقتصر تنافس هذه الفطريات على المركبات الكربوهيدراتية البسيطة ، بل إنها تتنافس على المركبات النتروجينية ، وأيضا على العوامل المشجعة للنمو growth factors التى تؤثر فى نمو وتكاثر بعض الفطريات .

فعلى سبيل المثال ، تشجع الأمونيا إنتاج الأكياس الأسبورانجية فى فطر قاذف القبعة *Pilobolus kleinii* . وفى تجربة لإنماء هذا الفطر على بيئة صناعية وجد أن معدل إنتاج الأكياس الأسبورانجية يكون قليلا ، بينما يزداد هذا المعدل عند نمو الفطر *Mucor plumbeus* معه على نفس البيئة ، ويرجع ذلك إلى أن الفطر الأخير يفرز الأمونيا خلال نموه ، والتى يمكن اعتبارها مادة مشجعة لنمو فطر قاذف القبعة .

وبناء على ذلك ، فإن النمو الفائق والتكاثر الجيد لفطر قاذف القبعة على الروث قد يكون راجعا إلى إنتاج الأمونيا بواسطة الكائنات الحية الدقيقة ، وأيضا إلى وجود عامل النمو المتخصص وهو الكوبروجين coprogen .

ومن ناحية أخرى ، يعتمد فطر قاذف القبعة على الاحماض الدهنية – كمصدر هام للمركبات الكربوهيدراتية – أكثر من اعتماده على السكريات البسيطة مثل الخماسية والسداسية ؛ حيث توجد هذه الأحماض الدهنية بوفرة فى الروث الطازج ؛ مما يعمل على تشجيع نموه فى هذه المرحلة المبكرة من تحليل الروث .

ولقد اعتمدت الأبحاث التى أجريت لدراسة تنافس فطريات الروث على العناصر الغذائية ، على اعادة تجهيز كتل براز الأرانب وتعقيمها بالاشعاع ؛ حيث يتكون روث متجانس التركيب وخال من الاحياء الدقيقة ، أطلق عليه اسم " copromes " (Wood & Cooke, 1984) .

واستعملت مادة براز الارانب المعاد تجهيزها فى عديد من الابحاث بعد ذلك ؛ فلقد حقن الباحثان (Safar & Cooke, 1988) جراثيم أسكية سبق إنباتها لثلاثة من فطريات الروث الأسكية فى هذا البراز وهى : *Sordaria macrospora* ، و *Ascoblous cremulatus* ، و *Chaetomium bostrychodes* ، سواء منفردة ، أم مزدوجة ، أم الفطريات الثلاثة مجتمعة .

وتم فحص الأجسام الثمرية الأسكية على مادة براز الأرانب المعاد تجهيزها بعد ١٤ يوما ؛ حيث أظهرت النتائج أن نسبة تكوين هذه الأجسام الثمرية قد اختزلت فى وجود عديد من الفطريات النامية مجتمعة على هذا البراز الصناعى السابق تجهيزه . وكان أكثر الفطريات حساسية لمنافسة الفطريات الأخرى هو الفطر *A. cremulatus* ؛ حيث فشل تماما فى تكوين أجسامه الثمرية ؛ وذلك عند وجود الفطر *C. bostrychodes* ؛ نتيجة تنافس هذه الفطريات على الغذاء .

ولا يقتصر التنافس على العناصر الغذائية فى روث الحيوانات الاكلة العشب على الفطريات فحسب ، بل أيضا تتنافس الكائنات الحية الأخرى ؛ مثل : عشائر البكتيريا، والبرتوزوا ، والنيماتودا ، والحشرات ، والديدان الحلقية ، وغيرها بعضها مع بعض، وقد تصبح هيفات الفطر بدورها غذاء لهذه الأحياء الدقيقة .

ولا يلعب هذا التنافس – بين الفطريات وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى فى الروث على العناصر الغذائية – دورا فعالا فى تتابع ظهور التراكيب التكاثرية للفطريات، ولكنه يؤثر فى كثافة ظهور هذه التراكيب ومدة وجودها على الروث .

وفى دراسة استخدم فيها براز الأرانب الصناعى copromes المعاد تجهيزه ، تم حقنه بجراثيم سبق إنباتها للفطر *Pilobolus crystallinus* بصورة نقية ، ثم حقنه مع فطريات أخرى مثل *Ascobolus viridulus* ، و *Coprinus heptemerus* ، سواء منفردين أو مجتمعين .

واستهدفت الدراسة السابقة معرفة تأثير التنافس بين الفطريات السابقة فى تكوين الأكياس الأسبورانجية فى فطر قاذف القبعة *P. crystallinus* . وتدل النتائج المتحصل عليها على أن هذا الفطر بدأ فى تكوين أكياسه الأسبورانجية بعد أربعة أيام من الحقن ؛ وذلك عند نموه منفردا ، بينما انخفض معدل تكوين هذه الأكياس الاسبورانجية للفطر عند وجوده مع الفطر *A. viridulus* .

وكان التأثير التنافسى أكثر حدة وتأثيرا على تكوين الأكياس الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة عند وجود الفطر *C. heptemerus* معه . وفى حالة وجود الفطرين *A. viridulus* و *C. heptemerus* زادت حدة التنافس ، وانخفض عدد الأكياس الأسبورانجية المتكونة لفطر قاذف القبعة بدرجة كبيرة .

٤ – إنتاج المضادات الحيوية :

يعتبر الفطر *Stilbella erythrocephala* مثالا واضحا لخفض معدل النمو الميسليومى وإنتاج التراكيب الجرثومية عن طريق المضادات الحيوية ؛ حيث يكون هذا الفطر ضفيرة كونيدية synnemata بنفسجية اللون ، وخاصة على الروث الجاف للماشية وكرات براز الأرانب .

ولقد وجد الباحثان (Singh & Webster (1973 أن المترشح الفطرى للفطر *S. erythrocephala* قد يعمل على تثبيط إنبات الجراثيم الأسبورانجية فى الجنس *Mucor*، كما يثبط النمو الميسليومى لعديد من فطريات الروث بما فيها الأنواع التابعة للجنسين *Pilaira* و *Ascobolus* ؛ حيث تتشوه أطراف الهيفات . كما يؤدى وجود الفطر *Stilbella* فى كرات براز الأرانب إلى خفض معدل تكوين الأكياس الأسبورانجية فى فطر قاذف القبعة *Pilobolus* .

ودرس الباحثان (Bruckner & Reinecke, 1989) طبيعة المضاد الحيوى الذى يفرزه الفطر *Stilbella* ؛ حيث وجد أنه قريب من المضاد الحيوى emerimicin فى تركيبه وتأثيره على النمو الفطرى والعشائر البكتيرية .

وهناك عديد من الفطريات الأخرى النامية على الروث والتى تفرز مضادات حيوية، مثال ذلك الفطر *Poronia punctata* ، وهو فطر أسكى بطئ النمو ، تظهر ثماره متأخرة على روث الماشية . وتعمل المضادات الحيوية المفرزة من الفطر السابق على تثبيط نمو عديد من الفطريات الأسكية الأخرى ؛ التى تكون ثمارها الأسكية مبكرا على روث الماشية (Wicklow & Hirschfield, 1979) .

٥ – التداخل الهيفى hypal interference :

هو أحد أنواع التضاد المعتدل بين بعض الفطريات وبعضها الاخر ؛ حيث اكتشف لأول مرة فى فطريات الروث خاصة الفطر *Coprinus heptemerus* . ويظهر هذا النوع من التضاد على صورة تلامس القمة النامية لهيفا فطر مضاد ، يتبع الفطريات البازيدية غالبا ، مع هيفات فطر اخر حساس ؛ مما يسبب تحلل هيفات الفطر الأخير وموتها .

وفى إحدى الدراسات (Harper & Webster, 1964) استعمل فيها كتل براز الأرانب المعاد تجهيزها ، حيث تم حقنها بمعلق جراثيم الفطر *Coprinus heptemerus*، مع جراثيم لفطريات أخرى مثل : *Pilaira anamala* ، و *Ascobolus crenulatus* ، ووجد أن معدل تكوين التراكيب الجرثومية للفطريين الأخيرين قد انخفض بشدة نتيجة وجود الفطر *C. heptemerus* .

كما اختبر تأثير الفطر *C. heptemerus* على نمو وتجرثم عديد من فطريات الروث الأخرى ؛ مثل فطر قاذف القبعة *Pilobolus* ؛ فأدى ذلك إلى انخفاض معدل تكوين الأكياس الأسبورانجية للفطر الأخير ، ولكن لم يثبت وجود أية مضادات حيوية فى مادة الروث المستعملة فى التجربة .

وفى دراسة أخرى ، تم إنماء الفطر *C. heptemerus* مع الفطر الحساس *Ascobolus crenulatus* معا على بيئة الاجار . وخلال الدقائق الأولى من تلامس هيفات الفطرين معا ، لم يلاحظ أى تأثير على النمو الفطرى ، ولكن بعد ذلك شوهدت تغيرات كبيرة فى هيفات الفطر *A. crenulatus* ؛ حيث توقفت عن النمو ، وتكونت عديد من الجدر العرضية ، وتحوصلت المحتويات الداخلية للخلايا ، وقل انتفاخها.

وعند إجراء اختبار البلزمة plasmolysis test لخلايا هيفات الفطر *A.*

cremulatus، وجد أن خلايا هيفات الفطر البعيدة عن تلامس هيفات الفطر *C. heptemerus* كانت موجبة للاختبار ؛ مما يدل على حيويتها ، بينما لم تستجب هيفات الفطر السابق المتلامسة مع الفطر المضاد لاختبار البلزمة ؛ مما يدل على انها خلايا ميتة .

ويجرى اختبار البلزمة لمعرفة مدى حيوية خلايا هيفات الفطر الحساس ؛ حيث يتم غمر الطبق البترى – الذى نمت فيه الفطريات السابقة – بمحلول مركز من الجلوكوز ، فإذا أظهرت خلايا الفطر الحساس المتلامسة مع طرف هيفا الفطر المضاد غير المتبلزمة ، دل ذلك على عدم حيويتها .

وهناك عديد من فطريات الروث البازيدية الأخرى التى تشاهد فيها ظاهرة التداخل الهيفى hyphal Interference phenomenon ؛ حيث يظهر بعضها حساسية لتلامس هيفات فطريات أخرى معها .

وحيث إن هذه الظاهرة الحيوية تشاهد عند تلامس قمة هيفا الفطر المضاد لجانب هيفا الفطر الحساس ، وانهيار خلايا الفطر الأخير وموتها ، فلقد وضعت الفطريات المضادة فى مجموعة الفطريات الثاقبة peaking order ؛ حيث يعتبر الفطر *C. heptemerus* أكثر هذه المجموعة تأثيرا (Ikediugwu & Webster, 1970) .

وفى بعض الحالات ، يكون تأثير هذه الفطريات المضادة قويا للغاية ؛ فعلى سبيل المثال يمكن لهيفا واحدة للفطر *Panaeolus sphinctrinus* إيقاف نمو مستعمرة كاملة للفطر *Bolbitius vitellinus* .

ولتفسير هذه الظاهرة الحيوية ، وجد Ikediugwu (1976) أن تلامس طرف هيفا الفطر المضاد *C. heptemerus* لهيفا الفطر الحساس *A. cremulatus* أدى إلى تدهور الغشاء السيتوبلازمى عند الخلايا المتلامسة ، كما أدى إلى بلزمتها .

وعلى الرغم من الدراسات السابقة ، فإنه ليس من المعروف حتى الان التفسير الطبيعى والكيميائى لظاهرة التداخل الهيفى ، إلا أن الدلائل تشير إلى أن الفطر *Coprinus*) يفرز مادة ذات تأثير تضادى ، يمكنها النفاذ من خلال رقائق سيلوفان سمكها ٥٠ ميكرونا ، ولكن لم يمكن تنقية هذه المادة الفعالة ، أو حتى معرفة ما إن كانت مادة واحدة أو عديدا من المواد .

ويبدو أن التداخل الهيفى هو نوع محدد من التضاد الحيوى ، تتركز فاعليته فى طرف هيفا لفطر مضاد ، ومناطق هيفية لفطر اخر حساس ، ويؤدى ذلك إلى موت خلايا هيفات الفطر الحساس ، وعدم قدرته على تكوين تراكيبه الجرثومية .

٦ – التطفل Parasitism :

تتطفل بعض فطريات الروث بعضها على بعض ؛ حيث يطلق على هذه الظاهرة اسم mycoparasitism . ومن أشهر الفطريات المتطفلة على الروث الانواع التابعة للجنسين *Chaetocladium* ، و *Piptocephalis* (شكلى ٦ – ٤ ، ٥) ؛ وهى تتبع طائفة الفطريات الزيجية؛ حيث تتطفل على فطريات زيجية أخرى تتبع رتبة الميوكورات Mucorales .

وتتميز الأنواع التابعة للأجناس السابقة بمداها العوائلى العريض ؛ فعلى سبيل المثال يتطفل الفطر *Piptocephalis fimbriata* على أكثر من ٢٠ جنسا تابعة لرتبة الميوكورات ، بينما يتطفل الفطر *P. viriniana* على حوالى ١٥ جنسا مختلفة من الفطريات .

ولا تعتبر الفطريات المتطفلة السابقة من فطريات الروث ، بل على العكس من ذلك، وجد أنه عند إضافة جراثيم الفطر *Piptocephalis* إلى علف الأرانب ، لم تستطع هذه الجراثيم البقاء حية بعد مرورها فى القناة الهضمية وتعرضها للعصارات الهضمية بها (Wood & Cooke, 1986) .

وتعتبر التربة التى توجد عليها كرات براز هذه الحيوانات المصدر الرئيسى لجراثيم هذه الفطريات المتطفلة ، ويعمل وجود هذا البراز على سطح التربة على تشجيع نمو الفطريات المتطفلة وانتقالها إليه ، ثم مهاجمتها لهيفات فطريات الروث الزيجية عليها، وقد يكون الهواء مصدرا ثانويا لهذه الجراثيم (Ingold & Zoberi, 1963) .

وقد تنبت كونيديات الفطر المتطفل *Piptocephalis* فى غياب العائل الفطرى التابع لرتبة الميوكورات ، إلا أن نمو أنابيب الإنبات – فى هذه الحالة – يكون محدودا ما دام ميسليوم الفطر العائل قريبا منها ؛ حيث يجذب نمو أنابيب الإنبات إليه جذبا كيمائيا ، ثم تخترق هيفات الفطر المتطفلة هيفات الفطر العائل وتنمو داخله مكونة ممصات haustoria تمتص بها المحتويات الغذائية .

ويفسر النمو الضعيف للفطر المتطفل أثناء غياب العائل الفطرى المناسب بوقف التمثيل الغذائى للأحماض الدهنية المعقدة غير المشبعة ؛ مثل حمض اللينولينك linolenic acid الذى يتوفر فى هيفات الفطر العائل .

وتلعب درجة الحرارة السائدة دورا فى تحديد سلوك الفطر المتطفل *Piptocephalis* وتطفله على عوائله الفطرية . ففى بعض الحالات ينخفض معدل نمو هيفات الفطر العائل ، بينما فى حالات أخرى قد تموت هذه الهيفات نتيجة الاصابة بالفطر المتطفل .

ولقد وجد Wood & Cooke (1986) أن نوعين تابعين للجنس *Piptocephalis* متطفلين على الفطر *Pilaira anomala* قد تسببا فى تدهور نمو هيفات الفطر العائل ، وإنخفاض معدل تجرثمه ؛ وذلك عندما كانت درجة الحرارة أعلى من ٣٠°م .

٧ – الافتراس Predation :

يوفر الروث مادة غذائية غنية لعديد من الحيوانات الصغيرة المفصليات الأرجل التى تأقلمت على الحياة فى الروث . وبمجرد أن تقذف الحيوانات الاكلة العشب روثها على سطح الأرض ، فإن عديدا من الحشرات تنجذب إليه وتضع بيضها عليه ؛ مثل الذباب التابع لمجموعة Muscidae ، بينما تضع بعض الحشرات الأخرى يرقاتها مباشرة على الروث ؛ مثل الأفراد التابعة لمجموعة Sarcophagidae .

وعند تراكم كميات من روث الأبقار ، تقوم بعض الخنافس (مثل *Aphodius*) بحفر انفاق داخلها ؛ حيث تدخل هذه الأنفاق عديدٌ من الحيوانات الصغيرة من مفصليات الأرجل . ويؤثر وجود الخنافس – وغيرها من مفصليات الأرجل – على نمو عشائر الفطريات فى الروث ، سواء بطريقة مباشرة أم غير مباشر .

فعلى سبيل المثال ، تقوم الحشرات بنقل جراثيم وهيفات أنواع عديدة من الفطريات إلى بيئة الروث ، كما تتغذى هذه الحشرات على ميسليوم وجراثيم وأجسام الفطر الثمرية النامية على الروث . وتسبب الحشرات تغيير بيئة الروث ؛ حيث تسرع من تحلل الروث ، وتُحسّن التهوية داخله ، كما تساعد على تجانس خلط مكوناته ، وأيضاً تشجع نمو الكائنات الحية الدقيقة الأخرى كالبكتيريا . ومن ناحية أخرى تتغذى بعض هذه الحشرات على النيماتودا النامية فى الروث.

ولقد تمت دراسة تأثير مفصليات الأرجل على روث الحيوانات الاكلة العشب ،

وعلاقة ذلك بفطريات الروث . ففى تجربة معملية (Breymeyer et al . 1975) تمت اضافة عدد مختلف من برقات الحشرات الثنائية الأجنحة من مجموعة Scarabaeida و Anthomyidae الى عشرة جرامات من كتل براز الغنم .

وبعد ستة أيام من التحضين ، تم عد المستعمرات الفطرية باستعمال طريقة الاطباق المصبوبة ؛ حيث أظهرت النتائج أن عدد المستعمرات الفطرية فى كتل براز الغنم – الذى أضيفت اليه ٢٠ يرقة – انخفض إلى الثلث ، بالمقارنة بالعدد الموجود فى كتل براز الغنم دون يرقات .

وفى تجربة حقلية على روث الماشية فى الولايات المتحدة ، قدر Lussenhop et al (1980) الكتلة الميكروبية عن طريق تقدير أطوال الهيفات الفطرية وعدد الخلايا البكتيرية ؛ وذلك فى وجود الأطوار الكاملة لحشرة *Aphodius* ، وأيضا فى عدم وجودها ؛ حيث أظهرت النتائج انخفاض كتلة هيفات فطريات الروث فى وجود الحشرة، وخاصة عند وجود الروث فى منطقة كثيفة الأعشاب ؛ ويرجع ذلك إلى تغذية هذه الحشرات على هيفات الفطريات .

٨ – ظاهرة التضافر Synergistic phenomena :

قد يعمل نمو بعض العشائر الفطرية على تشجيع نمو عشائر فطريات أخرى أو زيادة قدرتها على تكوين تراكيبها الجرثومية على كتل روث الحيوانات الاكلة العشب . ومن أمثلة ذلك العلاقة بين الفطر الأسكى *Viennotidia fimicola* ، والفطر الأسكى *Eurotium repens* .

ويتميز الفطر *V. fimicola* بتكوين أجسام ثمرية دورقية الشكل perithecia ، صغيرة الحجم ، ذات عنق طويل ينتهى بفتحة مغطاة بشعيرات قصيرة . وتخرج الجراثيم الأسكية من فوهة فتحة الجسم الثمرى على هيئة قطرة لزجة .

ويوجد هذا الفطر فى الطبيعة على كتل براز الأرانب ، وعلى روث الماشية على صورة أجسام ثمرية دورقية ، ولكن عند نموه على البيئات الغذائية فى المعمل فانه يكون هيفات مقسمة وكونيديات قارورية phialoconidia ، ولكنه لا يكون الأجسام الثمرية الأسكية على البيئات الغذائية إلا نادرا .

ولقد وجد (1957) Cain & Weresub أن هذا الفطر يمكنه تكوين الأجسام الثمرية الأسكية بوفرة على البيئات الغذائية فى المعمل إذا نما معه الفطر *Xanthium repens* وعند إضافة مترشح البيئة النامى عليها فطر *V. repens* الى البيئة النامى عليها الفطر *V. fimicola* يزداد نموه الميسليومى ، ولكن لم تؤد هذه المعاملة الى تشجيع تكوين الأجسام الثمرية الأسكية .

ولا يعتبر الفطر *V. repens* من فطريات الروث ، ولكن عند إعادة هذه التجربة باستعمال كتل براز الأرانب المعقمة المعاد تجهيزها (copromes) ، وحقنها بالفطر *V. fimicola* فى وجود بعض فطريات الروث الأخرى ، أدى ذلك الى تشجيع الفطر السابق وتكوينه للأجسام الثمرية الأسكية القارورية .

ولقد حاول بعض الباحثين دراسة هذا العامل الذى يشجع الفطر *Viennotidia fimicola* على تكوين ثماره الأسكية الدورقية ؛ حيث وجد أنه مترشح خال من الخلايا يمكنه المرور من خلال أنابيب الفصل الغشائى dialysis tubing . وعلى الرغم من تحديد هذا العامل المشجع لتكوين ثمار الفطر ، إلا أن ذلك يدل على احتياج الفطر الى مواد إضافية خارجية تفرزها بعض الفطريات الأخرى التى تشجعه على تكوين أجسامه الثمرية .

ومن الأمثلة الأخرى التى توضح ظاهرة التضافر ، تشجيع تجرثم فطر قاذف القبعة بواسطة مادة الكوبروجين coprogen ؛ حيث يستطيع هذا الفطر (*Pilobolus*) النمو على بيئة أجار مستخلص الروث مكونا تراكيبه الجرثومية ، ولكن يقل هذا النمو كثيرا على البيئات الصناعية .

ولكن أمكن تشجيع نمو هيفات هذا الفطر وتكوين أكياسه الأسبورانجية على البيئات الغذائية الصناعية ؛ وذلك بإضافة بعض المواد المشجعة للنمو ؛ مثل : الثيامين thiamine، والهيمين haemin، والكوبروجين coprogen، والأخير عبارة عن مركب حديدى عضوى organo-iron compound (Sideramine) ، تنتجه بعض الفطريات والبكتيريا النامية طبيعيا فى الروث .

ولقد أظهرت الدراسات أن مادة الكوبروجين تلعب دورا مهما فى تغذية فطر قاذف القبعة *Pilobolus* ؛ وذلك من ناحية امتصاص الحديد ونقله ؛ حيث يؤدى ذلك الى زيادة نمو هيفات الفطر وتكوين الأكياس الغذائية trophocysts والأكياس الأسبورانجية sporangia.

وحيث إن تكوين الأكياس الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة *Pilobolus crystallinus* على كتل براز الأرانب يقل مع الوقت ، فلقد اعتقد الباحثان Harper & Webster (1964) أن ذلك يرجع إلى انخفاض مستوى مادة الكوبروجين في الروث. وعلى الرغم من ذلك ، لم يتأثر نمو هذا الفطر ولا تكوينه للأكياس الغذائية ولا للأكياس الأسبورانجية عند استعمال كتل من براز الأرانب القديمة في تجهيز الروث الصناعي .

ومن ناحية أخرى ، اكتشف الباحث Page (1959) علاقة تجرثم الفطر قاذف القبعة *Pilobolus* بتركيز الأمونيا في البيئة التي ينمو فيها ، فعند نمو الفطر *P. kleinii* في مزرعة نقية كان معدل تكوينه للأكياس الأسبورانجية محدودا ، وعندما تلوثت هذه المزرعة بالفطر *Mucor plumbeus* زادت قدرة فطر قاذف القبعة على تكوين الأكياس الغذائية والأكياس الأسبورانجية .

وعند البحث عن العامل الذي شجع هذا الفطر على تكوينه لتراكيبه الجرثومية ، وجد أنه عبارة عن أمونيا متطايرة volatile ammonia ناتجة من تحلل الأسباراجين الموجود في البيئة الغذائية عن طريق نمو هيفات الفطر *M. plumbeus* .

ثم وجد Singh & Webster (1972) بعد ذلك أن الفطر *M. plumbeus* يمكنه تشجيع تكوين الأكياس الإسبورانجية لفطر قاذف القبعة *P. kleinii* على روث الخيل . وعلى الرغم من اختبار تسعة أنواع تابعة للجنس *Mucor* ، فإن نوعا واحدا فقط (هو *M. plumbeus*) هو الذي سبب زيادة تكوين الأكياس الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة.

عاشراً - المراجع References :

Alexopoulos. C. J. (1962) . Introductory Mycology. 2nd ed. Wiley. New York

Angel. K. and D. T. Wicklow (1975) . Relationships between coprophilous fungi and facal substrates in a Colorado grassland. Mycologia. 67 : 63 - 74 .

Barron. G. L. (1977) . The nematode-destroying fungi. Topics in Mycology - Canadian Biological Publications. Guelph .

Birkby. K. M. and T. F. Preece (1988) . Calcium oxalate crystals on the sporangium of *Pilobolus*. The Mycologist 2(2) : 68 - 69 .

Breymeyer. A. : H. Jakubczyk. and E. Olechowicz (1975) . Influence of coprophagous arthropods on microorganisms in sheep feces laboratory investigations. Bull. Acad. Pol. Sci. . Serie Sci. Biol. 23 : 257 - 262 .

Bruckner. H. and C. Reinecke (1989) . Chromatographic assays for the rapid and sensitive detection of peptaibol mycotoxins (antibiotics) in filamentous fungi. J. High Resol. Chrom. 2 : 113 - 116 .

Cain. R. F. and L. K. Weresub (1957) . Studies of coprophilous ascomycetes. II *Sphaeronaemella fimicola*. Cand. J. Bot. 35 : 119 - 131 .

Dickinson. C. H. and V. H. S. Underhay (1977) . Growth of fungi in cattle dung. Trans. Brit. mycol. Soc. 69 : 473 - 477 .

Dix. N. J. and J. Webster (1995) . Fungal ecology. VIII. Coprophilous fungi pp. 203 - 224 . Chapman and Hall. England.

Eliasson. U. and N. Lundqvist (1979) . Fimicolous myxomycetes Botanisker Notiser 132 : 551 - 568 .

Harper. J. E. and J. Webester (1964). An experimental analysis of the coprophilous fungus succession. Trans. Br. mycol. Soc. 47 : 511 - 530 .

Harrower. K. M. and L. A. Nagy (1979) . Effects of nutrients and water stress on growth and sporulation of coprophilous fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 72 : 459 - 462

Hudson. H. J. (1986) ..Fungal biology. VI. Fungi.as inhabitants of animal faeces. pp. 146 - 158 . Edward Arnold (Ed.) . USA.

Ikediugwu. F. E. O. (1976) . Ultrastructure of hyphal interference between *Coprinus heptemerus* and *Ascobolus crenulatus*. Trans. Br. mycol. Soc. 66 : 281 - 290 .

Ikediugwu. F. E. O. and J. Webster (1970) . Hyphal Interference in range of coprophilous fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 54 : 205 - 210 .

Ingold. C. T. and M. H. Zoberi (1963) . The asexual apparatus of Mucoreales in relation to spore liberation. Trans. Br. mycol. Soc. 46 : 115 - 134 .

Kuthubutheen.A. J. and J. Webster (1986 a) . Water availabitity and the coprophilous fungus . Trans. Br. mycol. Soc. 86 : 63 - 76 .

Kuthubutheen. A. J. and J. Webster (1986 b) . Effects of water availability on germination. growth and spoulation of coprophilous fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 86 : 77 - 91 .

Larsen. K. (1971) . Danish endocoprophilous fungi. and their sequence of occurrence. Botanisk Tidsskrift. 66 : 1 - 32 .

Lodha. B. C. (1974) . Decomposition of digested litter in biology of plant litter decomposition (ed. C. H. Dickinson and G. J. F. Pugh) . Academic Press. London pp. 213 - 241 .

Lussenhop. J. ; R. Kumar ; D. T. Wicklow and J. E. Lloyd (1980) . Insect effects on bacteria and fungi in cattle dung. Oikos. 34 : 54 - 58 .

Massee. G. and E. S. Salmon (1901) . Researches on coprophilous fungi I. Annals of Botany. 15 : 313 - 357 .

Massee. G. and E. S. Salmon (1902) . Researches on coprophilous fungi II. Annals of Botany. 16 : 57 - 63 .

Nicholson. P. B. ; K. L. Bocock and O. W. Heal (1966) . Studies on the decomposition of faecal pellets of a millipede (*Glomeris marginata* (Villes)) . J. Ecology. 54 : 755 - 766

Page. R. M. (1959) . Stimulation of sexual reproduction of *Pilobolus* by *Mucor plumbeus*. Am. J. Bot. 46 : 579 - 585 .

Richardson. M. J. (1972) . Coprophilous ascomycetes on different dung types. Trans. Br. Mycol. Soc. 58 : 37 - 48 .

Richardson. M. J. and R. Watling (1968) . Keys to fungi on dung. Bulletin of the British mycol. Soc. 2 : 18 - 43 .

Richardson. M. J. and R. Watling (1969) . Keys to fungi on dung. Bulletin of the British mycol. Soc. 3 : 86 - 88 and 121 - 124 .

Safar. M. H. and R. C. Cooke (1988) . Exploitation of faecal resource units by coprophilous ascomycetes. Trans. Br. mycol. Soc. 90 : 593 - 609 .

Singh. N. and J. Webster (1972) . Effect of coprophilous species of *Mucor* and Bacteria on sporangial production of *Pilobolus*. Trans. Br. mycol. Soc. 59 : 43 - 49.

Singh. N. and J. Webster (1973) . Antagonism between *Stilbella erythrocephala* and other coprophilous fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 61 : 487 - 495 .

Webster. J. (1970) . Coprophilous fungi. Trans. Brit. mycol. Soc. 54 : 161 - 180 .

Wicklow. D. T. and B. J. Hirschfield (1979) . Evidence of a competitive hierarchy amoung coprophilous populations. Can. J. Microbiology. 25 : 855 - 858 .

Wicklow. D. T. and D. Malloch (1971) . Studies in the genus *Thelebolus*. Temperature optima for growth and ascocarp development. Mycologia. 63 : 118 - 131 .

Wicklow. D. T. and V. Moore (1974) . Effect of incubation temperature on the coprophilous fungus succession. Trans. Brit. Mycol. Soc. 62 : 411 - 415 .

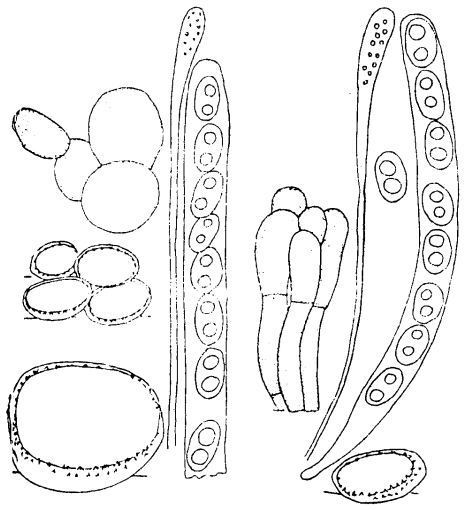
Wicklow. D T. ; C. O. P. Angel and J. Lussenhop (1980) . Fungal community expression in lagomorph versus ruminant faces. Mycology. 72 : 1012 - 1021 .

Wood. S. N. and R. C. Cooke (1984) . Use of seminatural resource units in experimental studies on coprophilous fungi. Trans. Br. Mycol. Soc. 83 : 337 - 339 .

Wood. S. N. and R. C. Cooke (1986) . Effect of *Piptocephalis* species on growth and sporulation of *Pilaira anomala*, Trans. Br. Mycol. Soc. 83 : 337 - 339 .

Yao. Y. J. and B. M. Spooner (1995) . The dung fungus *Podospora granulostriata* (Lasiosphaeriaceae) . new to Britain - Mycologist 9(3) : 98 - 100 .

الباب السابع



فطريات الرماد

الباب السابع
الفطريات المنبعثة من الرماد
Phoenicoid fungi

مقدمة :

زعم قدماء المصريين وجود طائر خرافى يسمى العنقاء phoenix ، يُعمرّ خمسة قرون أو ستة ، وعندما يهرم يحرق نفسه ، ثم ينبعث مرة أخرى من رماده وهو أتم ما يكون شباباً وجمالاً . ويعتبر العنقاء من أقدم مخلوقات الخيال الإنسانى ، وهو رمز للبعث المستمر والخلود .

وعلى الرغم من هذه الأسطورة القديمة لطائر العنقاء، فإن هناك فطريات تنمو من الرماد المتخلف عن حرق النباتات والأشجار ، وخاصة تلك الحرائق التى تدمر الغابات فى كثير من مناطق العالم ؛ حيث يطلق على هذه الفطريات اسم الفطريات المنبعثة من الرماد " phoenicoid fungi " ؛ نسبة إلى هذه الخرافة .

ويتبع هذه المجموعة من الفطريات ، بعض الأنواع التابعة لطائفة الفطريات الأسكية Ascomycetes ، وبعض الفطريات البازيدية من مجموعة عيش الغراب النموذجية agarics ، والتى تظهر ثمارها على الرماد المتخلف عن حرق النباتات . ويقصد بالاصطلاح " phoenicoid fungi " تلك الفطريات المنبعثة من الرماد arising from the ashes ؛ حيث يرجع استعمال هذا المصطلح إلى الباحثين Carpenter & Trappe (1985) .

وقد تستخدم مصطلحات أخرى للدلالة على هذه المجموعة من الفطريات ؛ مثال ذلك : pyrophilous fungi ؛ ويقصد به الفطريات النامية على الأرض المحترقة growing on burnt ground ، وكذلك المصطلح anthracophilous fungi ؛ ويقصد به الفطريات التى يزداد تجرثمها فى المناطق المحترقة

carbonicolous fungi ، والمصطلح sporulation favoured by burnt areas ؛ ويقصد به الفطريات التى تعيش على الارض المحترقة living on burnt ground.

ومن المألوف ظهور حرائق فى المسطحات المزروعة ومناطق الغابات ؛ سواء عمداً للتخلص من الاشجار الميتة وبقايا الفروع والاوراق المتساقطة على الارض ، او عن طريق عوامل طبيعية لا دخل للإنسان فيها مثل الصواعق ، او تكوين مواد قابلة للاشتعال تسهل حدوث حرائق قد تكون مدمرة لمساحات شاسعة من الغابات . وتشتهر بعض الغابات بظهور مثل هذه الحرائق الطبيعية ، وخاصة خلال فترات الجفاف ، كما هى الحال فى غابات الصنوبر المترامية الاطراف بجنوب الولايات المتحدة .

ولقد درست العشائر الفطرية التى استطاعت النمو بعد انتهاء مثل هذه الحرائق المدمرة فى الغابات ، وأيضاً الحرائق التى يوقدها الانسان للتخلص من مخلفات الأشجار الميتة والفروع المتساقطة على الارض فى المروج والحدائق ، وكذلك الحرائق الناتجة عن الثورات البركانية ، والتى تصب حممها على الكساء النباتى بمختلف أنواعه .

ويتوقف مدى التأثير الضار الناتج من مثل هذه الحرائق على مدة اشتعالها وشدتها ؛ حيث يختلف ذلك التأثير اختلافا معنويًا من ناحية تأثيره على التراكيب الفطرية الموجودة تحت سطح الارض ، او فى الجذور المدفونة فى أعماق التربة .

ففى الحرائق الطبيعية التى تشتعل فى الغابات ، تحترق الأشجار وغيرها من النباتات وتدمر ، ولا تترك النيران سوى جذوع خشبية محترقة ورماد على سطح الأرض ، بينما لا يتعمق تأثير هذه النيران الحرارى إلا لمسافة محدودة جدًا تحت سطح الأرض لا تتعدى عدة سنتيمترات .

وعلى العكس من ذلك ، ففى الأماكن التى يتم فيها تجميع الأوراق الجافة والفروع التالفة المتساقطة من الأشجار فى أكوام كبيرة لحرقها فى الخلاء ، فإن درجة الحرارة الناتجة من الاشتعال – وخاصة داخل مركز هذه الكومة – قد تصل إلى درجات حرارة عالية ، كما أن حرارة سطح التربة أسفل هذه الكومة المحترقة قد تصل إلى حوالى ٥٠٠°م أو أكثر ؛ حيث يتراكم الرماد المتخلف عن حرق هذه المخلفات النباتية .

ولقد قسم (Peterson (1970 سطح التربة المعرض لحرق مثل هذه المخلفات النباتية إلى خمس طبقات ، هى :

١ – طبقة الرماد الأبيض White ash layer : وهى تقع على عمق يتراوح بين نصف سنتيمتر وأربعة سنتيمترات .

٢ – طبقة الرماد الأسود المحتوية على المواد العضوية المتفحمة Black ash layer : وهى تقع على عمق يتراوح بين سنتيمتر واحد وأربعة سنتيمترات .

٣ – طبقة الدبال الخام Raw humus layer : وهى تقع على عمق يتراوح بين سنتيمتر واحد وسبع سنتيمترات .

٤ – طبقة الرمال الرمادية المحمرة Reddish-grey sand layer : وهى تقع على عمق يتراوح بين أربعة سنتيمترات و ١٣ سنتيمترا .

٥ – طبقة الرمال الصفراء Yellow sand layer : وهى تقع أسفل الطبقة السابقة .

أولا : التغيرات الكيميائية والطبيعية والحيوية فى التربة بعد تعرضها للحريق :

تشمل التغيرات الكيميائية المصاحبة لحرق مخلفات الأشجار زيادة فى رقم حموضة التربة ، يصاحبها ارتفاع كمية الأملاح المتراكمة فوق سطح التربة بعد انتهاء حرق هذه المواد العضوية . ويصل رقم الحموضة فى طبقة الرماد الأبيض إلى ٩,٨ – ١٠,٢ (Peterson, 1970) ، بينما سجل باحثان اخران زيادة فى رقم الحموضة تصل إلى ٣ – ٥ وحدات عن الحالة الطبيعية بعد انتهاء الحريق وتراكم الرماد المتخلف عنه .

وترجع زيادة رقم الحموضة pH - value فى منطقة الرماد الأبيض المتراكم على سطح التربة بعد الحريق إلى وجود كميات كبيرة من الأملاح الناتجة عن حرق المخلفات النباتية ؛ حيث تعطى تأثيرا قاعديا عند ذوبانها فى ماء التربة . ومن أمثلة هذه الأملاح ، أملاح الكربونات والفوسفات .

وعند سقوط الأمطار ، تذوب هذه الأملاح وتتخلل الطبقة السطحية من التربة ؛ ويؤدى ذلك إلى ارتفاع رقم حموضة التربة فى طبقة الدبال الخام الموجودة فى الطبقة

السفلى من التربة . وينتج عن ارتفاع رقم الحموضة زيادة اعداد العشائر البكتيرية ؛ مثال ذلك : البكتريا المثبتة للأزوت الجوى لاتكافليا N_2-fixing bacteria من الاجناس *Azotobacter* ، و *Clostridium* (Ahlgren, 1974) .

وتنتج هذه الطبقة البيضاء من الرماد المتخلف عن الحرق الكامل لفروع الأشجار ، والتى تتميز بمحتواها العالى من العناصر المعدنية ، أكثر مما تحتوى عليه المخلفات النباتية الأخرى مثل أوراق الأشجار . وعند ذوبان هذه العناصر المعدنية فى مياه الأمطار ، فإن تركيزها على سطح التربة يتناقص بدرجات متفاوتة ؛ وذلك يتوقف على معدل ذوبان الأملاح المختلفة فى الماء . فالأملاح السهلة الذوبان يقل تركيزها على الطبقة السطحية من التربة أسرع من الأملاح القليلة الذوبان ، ويتخلل الماء المحتوى على هذه الأملاح الذائبة طبقات التربة ، حتى يصل إلى طبقة الدبال تحت السطحية .

فعلى سبيل المثال ، تنقص أملاح الكاربونات والكبريتات والكلوريدات القابلة للذوبان فى الماء تدريجيا من على سطح التربة ؛ بحيث تختفى خلال عام واحد من حرق مخلفات النباتات التى تم حرقها ، بينما تبقى أملاح أخرى – لسنوات طويلة – متراكمة على سطح التربة ؛ مثل أملاح كربونات الهيدروجين hydrogen carbonate التى تبقى لمدة تزيد على ثلاثة أعوام .

ويحتوى الرماد الأبيض – عادة – على كميات كبيرة من الكالسيوم ، معظمها على صورة أملاح الهيدروكلوريك القابلة للذوبان فى الماء ، بينما يكون الكالسيوم بعض الأملاح غير القابلة للذوبان فى الماء مثل أملاح الكربونات والفوسفات والكبريتات ، بالإضافة إلى أملاح الأكسيدات والهيدروكسيدات . وتقل كمية أملاح الكالسيوم القابلة للذوبان فى الماء إلى الربع بعد حوالى ٣ سنوات من حرق مخلفات الأشجار .

ومن الأملاح الأخرى – التى يحتوى عليها الرماد الأبيض – كميات كبيرة من أملاح الهيدروكلوريدات ، والفوسفات القابلة للذوبان فى الماء بعد الحرق مباشرة . وتقل هذه الكمية إلى النصف بعد حوالى ثلاث سنوات ، وهكذا الحال فى أملاح الماغنسيوم . أما أملاح البوتاسيوم والصوديوم ، فأنها سرعان ما تذوب فى الماء ويقل تركيزها فى الرماد المتراكم على سطح الأرض .

وعلاوة على ما سبق ، تحدث تغيرات طبيعية فى مناطق حرائق الغابات الطبيعية ؛ حيث ترتفع ألسنة اللهب لتحرق قمم الأشجار ، وتتساقط بعض هذه الأشجار المشتعلة على سطح الأرض ؛ مما يعمل على زيادة معدل الإشعاع الحرارى . كما يتم تدمير الكساء النباتى الذى يغطى سطح الأرض ، ويغطى بطبقة من الرماد الأسود المتفحم الناتج من حرق المواد العضوية . ويعمل الرماد الأسود على زيادة امتصاص الحرارة وتقليل الإشعاع الحرارى .

ويتسبب التأثير الحرارى السابق فى رفع درجة حرارة التربة ، كما يسبب تدمير الكساء النباتى زيادة تعرض سطح التربة للأمطار ، ويزداد معدل جريان مياهها على السطح ، ويقل معدل تسرب الماء إلى داخل التربة . كما تتأثر الأحياء التى تنمو تحت سطح التربة ، وخاصة تلك التى تحفر أنفاقا داخلها ؛ مما يقلل من نفاذية التربة .

ويجب أن نفرق بين تأثير الحرائق البسيطة أو الدورية التى قد يتصادف حدوثها بين الحين والاخر ، والحرائق الأخرى ذات التأثيرات الحرارية المرتفعة الناتجة من تجميع مخلفات الأشجار وحرقها فى أكوام . وتجرى عملية حرق هذه المخلفات النباتية – عادة – فى نهاية فصل الخريف ؛ حيث تجمع الأشجار الميتة والفروع المتساقطة وأوراق الأشجار ؛ وذلك للتخلص من مثل هذه المواد القابلة للاشتعال ؛ بحيث يتم تجنب أخطار حدوث الحرائق المدمرة فى الغابات .

ويختلف تأثير هذه الحرائق على جراثيم فطريات التربة ؛ حيث يتحمل بعضها ارتفاع درجات الحرارة ؛ مثال ذلك الجراثيم الأسكية لبعض فطريات التربة ، بل إن بعض هذه الجراثيم تحث على الإنبات نتيجة تعرضها للحرارة المرتفعة . كما تتميز بعض الفطريات بتكوين أجسامها الثمرية بعد انتهاء حرائق الغابات ؛ مثال ذلك : تكوين الأجسام الثمرية الأسكية المفتوحة التابعة لرتبة Pezizales ، وبعض الأجسام الثمرية لفطريات عيش الغراب فى الغابات المحترقة .

وتلعب بعض العوامل الطبيعية دورا هاما فى تحديد نوعية الفطريات التى تبقى محتفظة بحيويتها بعد انتهاء مثل هذه الحرائق المدمرة ؛ مثال ذلك طبيعة الأحجار المتناثرة فوق سطح التربة ، وعمق طبقة الدبال أسفل سطح التربة . وبالإضافة إلى ما سبق ، تؤثر بعض العوامل الحيوية فى تحديد الفطريات النامية من الرماد ؛ مثل نوع الكساء النباتى الذى يغطى سطح التربة .

ويعتمد تأثير العوامل الجوية على وقت حدوث الحريق بالنسبة إلى الفصل من السنة ، ومعدل سقوط الأمطار ، وغير ذلك من العوامل . وتظهر الأجسام الثمرية الأسكية والبازيدية بعد أيام قليلة ، وربما بعد أسابيع من انتهاء الحريق ، بينما تظهر بعض الأجسام الثمرية بعد عدة شهور ، ويتوقف ذلك أيضا على نوع الفطر ، ومدى تحمله للحرارة العالية .

ثانيا : تقسيم الفطريات المنبعثة من الرماد :

قسم (1970) Peterson الفطريات المنبعثة من الرماد إلى أربع مجموعات :

المجموعة الأولى :

تشمل أنواعا من الفطريات التى تكون أجسامها الثمرية على التربة المحترقة ؛ مثال ذلك : الفطريات *Anthracobia* spp. ، و *Peziza anthracima* ، و *Ascobolus carbonarius* ، و *P. echinospora* ، و *P. petersii* ، و *Sphaerosporella himnulea* ، و *Trichophaea ubundans* ، و *Geopetalum carbonarum* ، و *Pholiota carbonaria* ، و *Tephrocybe carbonaria* .

المجموعة الثانية :

تشمل أنواع الفطريات التى تنمو على الأرض المحترقة ، وقد ينتشر بعضها فى الأراضى غير المحترقة ذات الظروف السيئة ؛ مثال ذلك الفطريات : *Geopyxis carbonaria* ، و *Peziza atrovinosa* ، و *Octospora* spp. ، و *Trichophaea gregaria* ، و *P. praetervisa* ، و *T. hemisphaeridoides* .

المجموعة الثالثة :

تشمل أنواع الفطريات التى تنمو على الأرض المحترقة تحت الظروف الطبيعية . بينما قد تنمو بعض الأنواع تحت ظروف خاصة على الأرض غير المحترقة . ومن أمثلة هذا الفطريات : الفطر *Rhizina undulata* وهو يتبع الفطريات الأسكية ذات الثمار المفتوحة Discomycetes ، والفطر *Coprinus angulatus* والفطر *Omphalia maura* ؛ وهما من الفطريات البازيدية رتبة الأجاريكالات Agaricales .

المجموعة الرابعة :

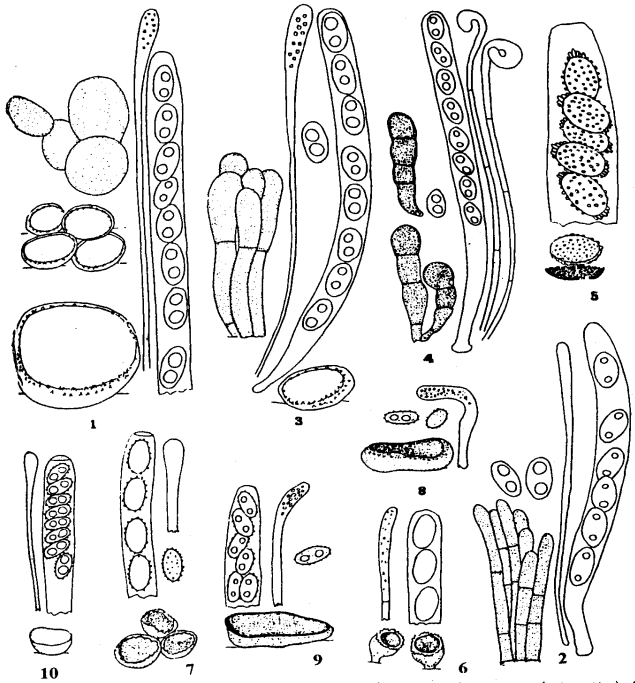
تشمل أنواع الفطريات التى تنمو – احيانا – على الأرض المحترقة . ولكنها شائعة الانتشار على الاراضى غير المحترقة .

ولقد درس Peterson (1970) وقت ظهور الأجسام الثمرية للفطريات المنبعثة من الرماد ، والتى أطلق عليها المصطلح Phenology (time of appearance) ؛ حيث قام بتسجيل ظهور هذه الاجسام الثمرية على مدى ثلاث سنوات فى المناطق التى تعرضت للحريق، واعطت النتائج المتحصل عليها تصورا جيدا للمعدل الموسمى لتكوين الأجسام الثمرية لهذه الفطريات .

فعلى سبيل المثال ، ارتبط المعدل النسبى لظهور الأجسام الثمرية الأسكية للفطر *Anthracobia melaloma* بالرطوبة النسبية . كما شملت الدراسة السابقة أربعة أنواع من فطريات عيش الغراب ؛ هى : *Myxomphalia maura* ، و *Geopetalum carbonarium* ، و *Ripartites tricholoma* ، و *Tephrocybe carbonaria* ؛ حيث ظهرت هذه الفطريات خلال فصل الخريف .

كما ظهرت فطريات أخرى خلال فصلى الربيع والخريف ؛ حيث توفرت الرطوبة الكافية لتكوين أجسامها الثمرية ، مثال ذلك الفطريات : *Geopyxis carbonaria* ، و *Coprinus angulatus* ، و *Peziza praetervisa* ، و *Trichophaea hemisphaerioides* .

ولقد وجد أن معظم فطريات الرماد تميل إلى تكوين أجسامها الثمرية خلال فصلى الربيع والخريف ؛ حيث تعزى قلة ظهور هذه الفطريات خلال فصل الصيف إلى انخفاض الرطوبة النسبية . كما تختلف هذه الفطريات – فيما بينها – فى الزمن اللازم مروره بعد انتهاء الحريق لكى تكون ثمارها ، وكذلك المدة التى يستمر فيها الفطر مثمرا .



شكل (٧ - ١) : بعض الفطريات المنبعثة من الرماد التابعة للفطريـــات الأســكية ذات الأجســام الثمرية المفتوحة Discomycetes .

1 - *Anthracobia macrocystis*
2 - *A. maurilabra*
3 - *A. melaoma*
4 - *A. uncinata*
5 - *Ascobolus carbonarius*
6 - *Geopyxis carbonarius*
7 - *Peziza echinospora*
8 - *P. petersii*
9 - *P. praetervisa*
10 - *P. proteana*

ولقد قسمت هذه الفطريات إلي أربعة أقسام :

المجموعة الأولى :

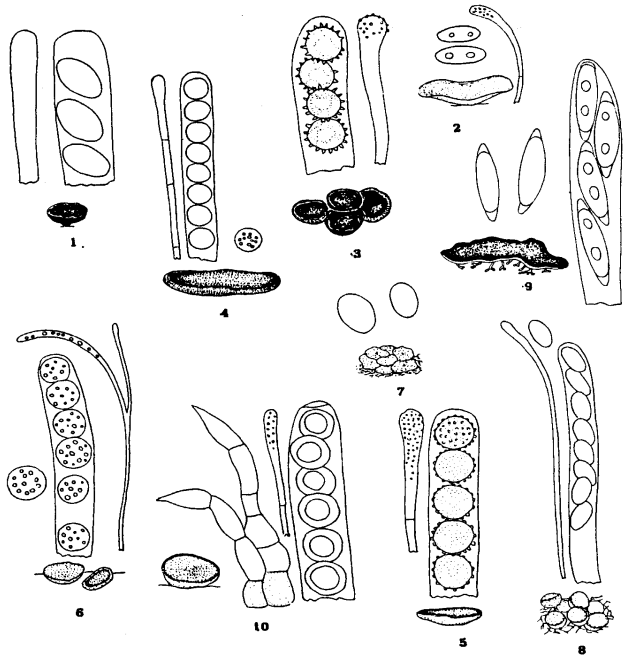
فطريات تكون ثمارها بعد سبعة أسابيع من انتهاء الحريق ، وتنتهى من تكوين ثمارها بعد حوالى ٤٠ أسبوعا ؛ مثال ذلك فطريات : *Anthracobia* spp، و *Trichophaea abundans* .

المجموعة الثانية :

تضم مجموعة متباينة من الفطريات التى تكون ثمارها بعد ١٠ – ١٥ أسبوعا من انتهاء الحريق . وتختلف المدة التى تستمر فيها هذه الفطريات مثمرة اختلافا كبيرا تبعا لنوع الفطر . فعلى سبيل المثال لا تزيد هذه المدة على ١٠٠ أسبوع فى الفطر *Peziza trachycarpa* ، بينما تصل إلى ١٥٠ أسبوعا فى الفطر *P. praetervisa* ، وتزيد على ١٥٠ أسبوعا فى الفطر *Tephrocybe carbonaria* ، وتصل إلى ١٩٠ أسبوعا فى الفطر *Pholiota carbonaria* .

المجموعة الثالثة :

تحتاج فطريات هذه المجموعة إلى حوالى ٢٠ – ٥٠ أسبوعا لكى تكون ثمارها، وتستمر قادرة على تكوين الثمار لفترة تتراوح بين ١٣٠ أسبوعا و ٢٠٠ أسبوع . وتضم هذه المجموعة نوعين من الفطريات ؛ هما : *Peziza endocarpoides* ، و *Trichophaea hemisphaerioides* .



شكل (٧ – ٢) : بعض الفطريات المنبعثة من الرماد التابعة للفطريـــات الأســكية ذات الأجســام الثمرية المفتوحة Discomycetes .

1 - *Peziza sepiatra*
2 - *P. violacea*
3 - *Plicaria anthracina*
4 - *P. leicarpa*
5 - *P. trachycarpa*
6 - *Pulvinula convexella*
7 - *Pyronema domesticum*
8 - *P. omphalodes*
9 - *Rhizina undulata*
10 - *Sphaerosporella brunnea*

المجموعة الرابعة :

تحتوى هذه المجموعة أيضا على فطريات متباينة ، وتشمل أنواعا لا تكون ثمارها – عادة – إلا بعد حوالى ٥٠ أسبوعا من انتهاء الحريق ، وتظل قادرة على تكوين ثمارها لفترة تصل إلى ١٥٠ أسبوعا . ومن أمثلة هذه الفطريات *Ripartites tricholoma* ، وقد تستمر بعض هذه الفطريات فى تكوين ثمارها لفترة تصل إلى ٢٠٠ أسبوع ؛ مثال ذلك الفطر *Myxomphalia maura* .

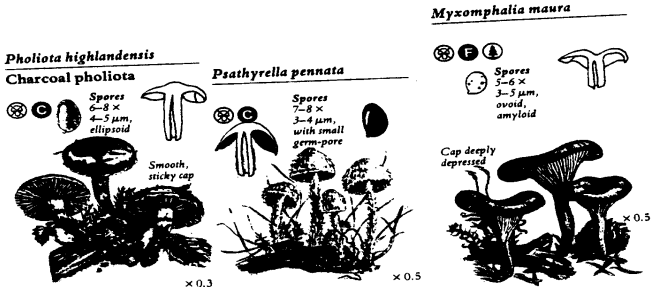
وبالإضافة إلى ما سبق ، تشمل هذه الفطريات الفطر *Neotiella hetieri* ، والفطر *Octospora* spp. الذى تتواجد ثماره الأسكية المفتوحة على طبقة الأشن والطحالب moss carpet النامية على سطح التربة فى أرضية الغابة .

ويعتبر توزيع الأجسام الثمرية للفطريات المنبعثة من الرماد ممثلا لتوزيع ميسليوم الفطر فى التربة التى تعرضت للحريق . ولقد وجد Peterson (1971) أنه بعد انتهاء الحرائق الطبيعية فى غابات الدانمرك ، ظهرت الأجسام الثمرية للفطر *Anthracobia maurilabra* فى الأماكن المنخفضة من سطح الأرض ، والتى تحاط بجذوع الأشجار المتفحمة .

وعادة ما تنمو هيفات الفطر وأشكاله الجذرية (الريزومورفات rhizomorphes) على جذور الأشجار التى تعرضت للحريق ؛ حيث تنتشر رأسيا فى عمق التربة ؛ مخترقة طبقة الدبال ، إلى أن تصل إلى الطبقة السفلى من التربة . ومن أمثلة هذه الفطريات : *A. macrocystis* ، و *G. carbonaria* ، و *P. praetervisa* .

ولقد وجد Moser (1949) أن الفطر *G. carbonaria* ينمو على الأوراق الإبرية المحترقة لأشجار الصنوبريات ، بينما تنمو فطريات أخرى فى التربة المحترقة على الجذور المحتفظة بحيويتها ؛ مثال ذلك الفطر *Rhizina undulata* ؛ وهو من الفطريات الشائعة النمو فى غابات الصنوبر المحترقة ؛ حيث ينمو هذا الفطر فى التربة الحمضية . ويمكن مشاهدة النمو الميسليومى ذى اللون الأصفر المتميز لهذا الفطر نامية على طبقة الدبال الخام ، وأيضا على الجذور الحية لأشجار الصنوبر التى يحتمل أن يكون متطفلا عليها ؛ حيث تنمو الأشكال الجذرية خلال طبقة

الـدبـال بيـن الأشـجـار ، وتـقـوم بعـدوى الجـذور الأخـرى السـليمـة (Jalaluddin, 1967 a,b) .

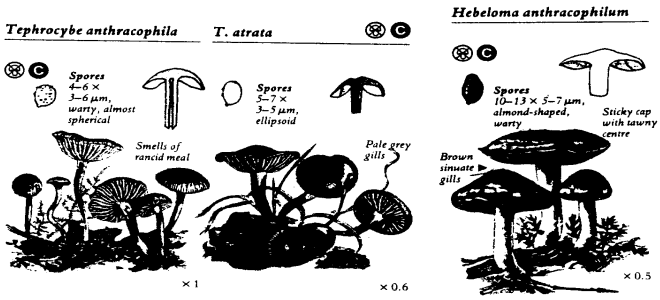


شكل (٧ – ٣) : أمثلة لبعض فطريات عيش الغراب المتبعثة من الرماد .

أ = الفطر *Myxomphalia maura* : تظهر ثماره عادة فى غابات الأشجار المخروطية السابق تعرضها للحريق . قـطر القبعة يتراوح بين ٢ و ٤ سنتيمترات لونها أخضر داكن يميل إلى اللون الرمادى والخياشيم بيضاء اللون . الرائحـة تشبه رائحة الفاكهة . تظهر الثمار فى الفـترة مـن شهر سبتمبر إلى شهر نوفمبر .

ب = الفطر *Psathyrella pennata* : تتميز ثـمار هذا الفطر بـالحراشيف التى تغطى السـاق والقبعة . القبعة قطـرها يتـراوح بيـن سـنتيمتر واحـد وثلاث سنتيمترات ذات لون أصفر والخياشيم : بيضـاء تتحـول إلى اللون البنى المـسود . تظهر الثمار فى الفترة من شهر سبتمبر إلى شهر نوفمبر .

جـ = الفطر *Pholiota highlandensis* : يعرف هذا الفطر أيضا تحت اسم *P. carbonaria* . يكوّن الفطر تجمعات من ثمار عيش الغراب . القبعة : يتراوح قطرها من ٢ – ٧ سنتيمترات ، مسطحة ، ملساء ذات لـون بنى . الخياشيم متزاحمة بنية اللون . تظهر الثمار فى الفترة من شـهر سبتمبر إلى شهر نوفمبر .



تابع شكل (٧ – ٣) : أمثلة لبعض فطريات عيش الغراب المنبعثة من الرماد .

د = الفطر *Hebeloma anthracophilum* : تتميز ثمار هذا الفطر بلحمها المرن ورائحتها العطرة ، إلا أن طعمها مر . يتراوح قطر القبعة من ٣ – ٥ سنتيمترات ذات شكل نصف كروى ولون بنى . الخياشيم : متزاحمة ذات لون بنى يشبه الصدأ . تظهر الثمار فى الفترة من شهر سبتمبر إلى شهر نوفمبر .

هـ = الفطر *Tephrocybe atrata* : تنتشر ثمار هذا الفطر على التربة المحترقة . الثمار ذات رائحة تشبه رائحة الدقيق . قطر القبعة حوالى أربعة سنتيمترات ، منغمدة من المركز ، يتحول لونها إلى الأسود عندما تبتل ، بينما يكون لونها بنى عند جفافها. الخياشيم : بيضاء تتحول إلى اللون الرمادى . تنتشر هذه الثمار فى الفترة من شهر يوليو إلى شهر ديسمبر .

و = الفطر *Tephrocybe anthracophila* : يعرف عادة باسم *Collybia carbonaria* . القبعة صغيرة يتراوح قطرها من ١ – ٢ سنتيمتر ، ، محدبة فى أول الأمر ، ثم تتسطح بعد ذلك . لون القبعة بنى مسود ، مع وجود خطوط على الحافة . الخياشيم : بيضاء اللون تتحول إلى اللون الرمادى . تنتشر الثمار فى الفترة من شهر أغسطس إلى شهر نوفمبر .

ومن الدراسات التى أجريت لاختبار القدرة التطفلية لبعض الفطريات الأسكية المكونة لثمار أسكيةٍ مفتوحةٍ تنمو بعد حرائق الغابات ، دراسة قدرة بعض هذه الفطريات على خفض معدل إنبات بذور الصنوبر ونمو البادرات ؛ حيث وجد أن الفطرين *Pyropyxis rubra* ، و *Peziza endocarpoides* يسببان موت نسبةٍ من البذور ونقصاً فى طول الجذير (Egger & Paden, 1986a) .

كما وُجد أن الفطر *Sphaerosporella brunnea* يكون ميكورهيزا خارجية ectomycorrhizae على جذور عديدٍ من أشجار الغابات؛ مثل : الصنوبر ، واللاركس، بينما تنمو هيفات بعض الفطريات الأخرى ؛ مثل فطريات *Anthracobia maurilabra* ، و *A. tristis* ، على سطوح الجذور الحية للصنوبر ، وقد تخترق طبقة القشرة (Egger & Paden, 1986 b) .

وبنفس الطريقة ، وجد (Warcup (1990 أن عديداً من أنواع الفطريات الأسكية المكونة لأجسامٍ ثمريةٍ مفتوحةٍ ، والتى تظهر بعد الحريق Post - fire discomycetes يمكنها تكوين غلافٍ من هيفات الميكورهيزا الخارجية على جذور بعض الأشجار .

ولقد درس (Egger (1986 العلاقات الغذائية للفطريات الأسكية ذات الثمار المفتوحة – والتى تظهر بعد الحريق – وذلك من خلال نشاطها الإنزيمى عند نموها على مواد معروفة كيميائيا . ولقد قسمت هذه الفطريات إلى أربعة أقسام ، هى :

١ – الفطريات النامية على الأوراق الساقطة وعلى جذور الأشجار ؛ مثال ذلك: *Anthracobia* spp. ، و *Ascobolus carbonarius* ، و *Trichophaea abundans* . وتعتبر هذه الفطريات ضعيفة فى إنتاجها لإنزيمات أكسدة الفينول phenol oxidases ولا يمكنها تحليل اللجنين . ويبدو أنها تقوم بتحليل المركبات غير اللجنينية خلال تغذيتها.

٢ – الفطريات النامية على الأخشاب والجذور الخشبية ؛ مثال ذلك الأنواع التابعة للجنس *Peziza* . وتتميز هذه الفطريات بقدرتها على إنتاج إنزيمات أكسدة الفينول ، بالإضافة إلى عديدٍ من إنزيمات التحليل المائى hydrolytic enzymes ؛ مثال ذلك إنزيمات تحليل السليلوز .

ويمكن لهذه الفطريات التغذية على عديد من المواد العضوية الموجودة في التربة .

٣ - الفطريات التي يتعايش ميسليومها مع الجذور الحية لبعض الأشجار ؛ مثال ذلك فطريات : *Pyropyxis rubra* ، و *Sphaerospora brunnea* ، و *Rhizina undulata* . وتنتج هذه الفطريات انزيمات اكسدة الفينول . ولكن لا يمكنها تحليل اللجنين .

٤ - فطريات أخرى لا تتبع المجموعات السابقة ، تتميز بأنها تتعايش مع الجذور الحية لبعض الأشجار ، كما أنها تحلل اللجنين . ويمكن اعتبار هذه الفطريات متطفلات ضعيفة التطفل يمكنها إصابة الجذور الضعيفة . ومن أمثلة هذه الفطريات الفطر *Geopyxis carbonaria* ، و الفطر *Trichophaea hemisphaerioides* .

ولقد وجد Zak & Wicklow (1978 a,b) أن هناك أنواعا معينة من الفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية القارورية pyrenomycets تنمو على التربة العشبية بعد انتهاء حرق المخلفات النباتية ، بينما يلاحظ أن أنواع الفطريات الأسكية التي تنتشر في الغابات - والتي سبق حرق أشجارها - تتبع الفطريات الاسكية المفتوحة Discomycetes .

ومن الفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية القارورية التي تنتشر في المناطق العشبية، الأنواع التابعة للأجناس : *Chaetomium* ، و *Coniochaeta* ، و *Podospora* ، و *Sordaria* ، و *Sporormiella* . وبعض الفطريات السابقة من فطريات الروث coprophilous fungi ؛ حيث تتكون ثمارها على روث الحيوانات العشبية .

ويمكن عزل وتنمية مثل هذه الفطريات الأسكية في المعمل ؛ وذلك عن طريق تحضين عينة من تربة غابة سبق تعرضها للحريق . وعادة ما تضاف مادة سيليلوزية إلى عينة التربة (مثل القش أو ورق الترشيح) ثم ترطب ؛ حيث تظهر الأجسام الثمرية بعد فترة من التحضين . ويمكن متابعة ظهور الفطريات الأسكية على هذه العينة .

ومن المعروف أن تعرُّض التربة للحرارة المرتفعة دون حرقها يؤدى الى زيادة قابلية المواد العضوية وغير العضوية للذوبان ؛ ويرجع ذلك الى عديد من التغيرات التى تحدث فى مكونات التربة ؛ فعلى سبيل المثال تزداد المواد العضوية ذات الوزن الجزئيى المنخفض . وتعمل الحرارة المرتفعة على حث بعض الفطريات المنبعثة من الرماد على تكوين ثمارها ؛ حيث شوهدت الاجسام الثمرية لهذه الفطريات متكونة على تربة الصوب الزراعية التى تعقم باستخدام البخار الساخن ؛ مثال ذلك فطريات : *Pyronema* spp ، و *Peziza ostracoderma* .

ثالثاً : حث الجراثيم للإنبات بالحرارة :

قد تعمل الحرارة العالية – المنبعثة من حرائق المواد النباتية – على حث الجراثيم الأسكية لبعض الفطريات للإنبات ؛ فمثلا وجد أن تعريض الجراثيم الأسكية للفطريات المكونة للأجسام الثمرية المفتوحة pyrophilous discomycetes لحرارة ٥٠°م يزيد من انباتها ؛ مثال ذلك فطريات : *Pyronema domesticum* ، و *Peziza praetervisa* ، و *Ascobolus carbonarius* .

وكذلك الحال فى الفطريات الأسكية القاروروية المنبعثة من الرماد pyrophilous pyrenomycetes؛ حيث وجد أن تعرض جراثيمها لبخار ساخن – تتراوح حرارته بين ٣٥°م و ١١٠°م أكثر من ٣ دقائق – يعمل على زيادة إنباتها . ولقد لوحظ هذا التأثير المشجع للإنبات فى عينات التربة التى تعرضت للحريق ، سواء للفطريات المنبعثة من الرماد ، أم لبعض فطريات الروث التى تبقى جراثيمها ساكنة فى التربة (Wicklow 1975) .

ولقد وجد Jalaluddin (1967 a) أن الجراثيم الأسكية للفطر *Rhizina undulata* – الذى يكوّن أجساما ثمرية أسكية مفتوحة – يزداد إنباتها اذا تعرضت لدرجة حرارة ٣٧°م لمدة ثلاثة أيام ، وإذا تعرضت لحرارة ٤٥°م فإنها تحتاج إلى ثمانى ساعات فقط لكى تحث على الإنبات . وعند ترشيح معلق من الجراثيم الأسكية المعاملة بالحرارة من خلال مرشح Seitz ، وإضافة محلول الترشيح إلى الجراثيم الأسكية غير المعاملة ، أدى ذلك إلى زيادة إنباتها ، بالمقارنة بالجراثيم النابتة فى الماء .

وتتحمل الجراثيم الأسكية الحرارة التى تتعرض لها خلال فترة الحريق ، فعلى سبيل المثال يمكن للفطر *Neurospora crassa* ، و *N. tetraspora* تحمل حرارة تتراوح

بين ٥٠م و ٧٠م لمدة ٥ – ٣٠ دقيقة دون أن تفقد حيويتها ، ويرجع ذلك الى ان هذه الجراثيم ذات جدر خلوية سميكة سوداء اللون (Sussman & Halvorson, 1966) .

ومن ناحية اخرى ، وجد ان تعرض العشائر الفطرية المختلفة لمثل هذه المعاملة الحرارية الناتجة عن التعرض للحريق يؤدى الى قتل معظمها أو تثبيطة ، بينما تنشط فطريات اخرى وتنمو دون منافسة . وهذا يتيح الفرصة لعشيرة الفطريات المتبقية من الرماد للنمو وتكوين اجسامها الثمرية دون غيرها من الفطريات والكائنات الحية الدقيقة الأخرى .

فعلى سبيل المثال ، وجد (El-Abyad & Webster (1968 أن الفطر *Pyronema domesticum* ينمو مكونا اجسامه الثمرية الاسكية المفتوحة على عينة التربة المعقمة بالأوتوكلاف ؛ وذلك عند حقنها بالجراثيم الاسكية ، فى حين أن إضافة كمية من التربة غير المعقمة – والمحتوية على مختلف عشائر الأحياء الدقيقة – إلى التربة المعقمة قبل ثلاثة أيام من حقنها بالجراثيم الأسكية للفطر السابق أدت إلى عدم ظهور الأجسام الأسكية ؛ حيث يرجع ذلك إلى تعرض الفطر الأسكى للمنافسة .

كما يؤدى تعرض التربة لمثل هذه الحرائق إلى تغيرات فى محتوياتها الكيميائية ؛ حيث يرتفع محتواها من كاربونات الكالسيوم $Ca\,CO_3$ ، الذى يعمل على رفع رقم حموضة التربة . وتتميز فطريات الرماد بقدرتها على التأقلم مع وجود مثل هذه المركبات الكيميائية وارتفاع رقم حموضة التربة ؛ مما يجعلها تنمو منافسة غيرها من الأحياء الدقيقة الأخرى التى استطاعت الاحتفاظ بحيويتها بعد انتهاء الحريق .

رابعاً : إثمار فطريات الرماد عقب الثورات البركانية :

من الأبحاث العلمية الحديثة ، دراسة النموات الفطرية فى أعقاب الثورات البركانية ؛ فقد تمت دراسة ذلك فى جبل سانت هيلين St-Helens فى واشنطن بالولايات المتحدة . حيث شوهدت أعداد كبيرة من الفطريات النامية فى الغابات المحترقة بفعل الحمم البركانية المدمرة ، وكانت هذه الفطريات تنمو على رماد هذه الحمم البركانية الخامدة ؛ والتى يطلق عليها اسم " tephra " .

ولقد تتبع الباحثون (Carpenter et al., (1987 ظهور نمـــوات هـــذه الفطريـــات وتكويـــن أجسامها الثمريـــة خـــلال السنـــوات الثلاث التاليـــــة لانتـــهاء الثـــورة البركانية . وأظهرت نتائج هذه الدراسة أنه خلال الستة أسابيـــع الأولى بعـــد انتـــهاء الثورة البركانية ظهرت أطوار كونيديـــة وأجســـام ثمريـــة أســـكية مفتوحـــة للفطـــر *Anthracobia melaloma* فى المناطق الرطبة من الركام البركانى ، بينما شوهـــدت أجسام ثمرية أسكية دورقية للفطر *Gelasinospora reticulospora* على بقايا الأشجار المحترقة .

وبعد مرور سنة ، ظهرت أجسام ثمرية أسكية مفتوحـــة لعديـــد مـــن الفطريـــات المنبعثـــة من الرمـــاد ؛ مثال ذلك فطريات *Peziza* spp. ، و *Rhizina undulata* ، و *Trichophaea hemisphaerioides* ، بالإضافة إلى أجسام ثمرية لفطريات عيـــش الغراب ؛ مـــثل *Coprinus plicatilis* ، و *Pholiota carbonaria* ، و *Psathyrella carbonicola* ، و *Schizophyllum commune* . ولوحظت زيادة هـــذه الفطريـــات خلال فصل الخريف ، بينما قلت الفطريات الأسكية .

وعلى أية حال ، فإنه من الواضـــح أن هـــذه الفطريـــات المنبعثـــة مـــن الرمـــاد phoenicoid fungi تظهر فى هذه البيئة لأسباب عديدة ؛ فبعضها يتم حـــث جراثيمـــه للإنبات وتكوين الأجسام الثمرية عن طريق التأثير الحرارى الناتج عن الحريق ، بينما أظهرت فطريات أخرى تأقلما واضحا فى تحمل تراكم الأملاح المتخلفة عن الأشجـــار المحترقة ، والتى تعمل على رفع رقم حموضة التربة .

كما تؤثر العوامل السابقة على اختفاء عديد من الأحياء الدقيقة ، التى تموت معظمها بفعل الحـــرارة المرتفعة ، كما أن المتبقى منها ربما لا يســـتطيع النمـــو تحـــت هـــذه الظروف الجديدة . ويعمل اختفاء مثل هذه الأحياء الدقيقـــة علـــى تقليـــل المنافســـة الفطريات المنبعثة من الرماد ؛ فتنمو مكونة عشيرة فطرية متميزة فى بيئة تكاد تخلـــو من الحياة .

خامسا : المراجع References :

Ahlgren, I. F. (1974). The effect of fire on soil organisms. in Fire and Ecosystems. (eds. T. T. Kozolwski and C. E. Ahlgren). Academic Press. New York. pp. 47 - 72 .

Carpenter, S. E. and J. M. Trappe (1985). Phoenicoid fungi : a proposed term for

fungi that fruit after heat treatment of substrates. Mycotaxon. 23 : 203 - 206 .

Carpenter. S. E. ; J. M. Trappe and J. Ammirati (1987) . Observations of fungal succession in the Mount St. Helen's devastation zone 1980 - 1983 . Canadian Journal of Botany. 65 . 716 - 744.

Egger. K. N. (1986). Substrate hydrolysis pattens of post - fire ascomycetes (Pezizales) Mycologia. 78 : 771 - 780 .

Egger. K. N. and J. W. Paden (1986 a) . Pathogenicity of post-fire ascomycetes (Pezizles) on seeds and germinants of lodgepole pine. Canadian Journal of Botany. 64 : 2368 - 2371 .

Egger. K. N. and J. W. Paden (1986 b) Biotrophic associations between lodgepole pine seedlings and post-fire ascomycetes (Pezizales) in monoxenic culture . Canadian Journal of Botany. 64 : 2719 - 2725 .

El-Abyad. M. S. H. and J. Webster (1968) . Studies on pyrophilous discomycetes. II Competition. Transaction of the British mycological Society. 51 : 369 - 375 .

Jalaluddin. M. (1967 a) . Studies on *Rhizina undulata* I. Mycelial growth and ascospore germination-Transaction of British mycological Society. 50 : 449 - 459.

Jalauddin. M. (1967 b) . Studies on *Rhizina undulata* II. Observations and experiments in east anglian plantations. Transactions of British mycological Society. 50 : 461 - 472 .

Moser. M. (1949) . Untersuchnngen uber den Einfluss von Waldbranden auf die Pilzvegetation . Sydowia. 3 : 336 - 383 .

Peterson. P. M. (1970) . Danish fireplace fungi. An ecological investigation on fungi on burns. Dansk Botanisk Arkiv. 27 (3) : 1 - 97 .

Peterson. P. M. (1971) . The macromycetes in a burnt forest area in Denmark. Botanisk Tiddskrift. 66 : 228 - 248 .

Sussman. A. S. and H. O. Halvorson (1966) . Spores. their dormancy and germination Harper & Row. New York .

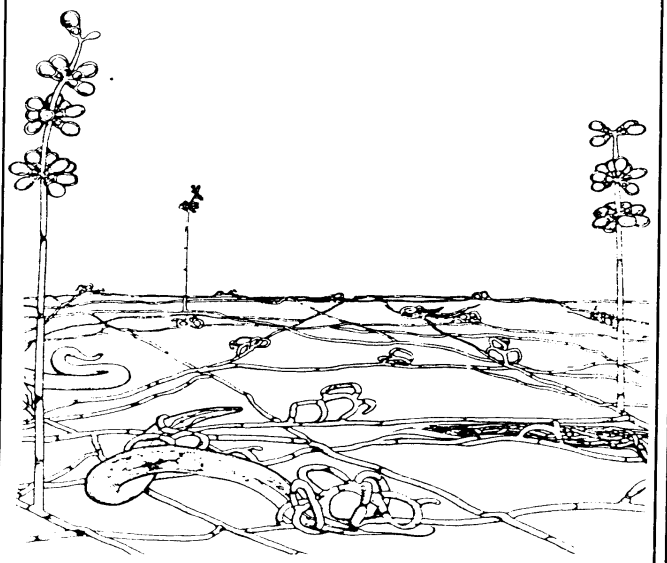
Warcup. J. H. (1990) . Occurrence of ectomycorrhizal and saprophytic discomycetes after a wild fire in a eucalyptus forest. Mycological Research. 94 : 1065 - 1069 .

Wicklow. D. T. (1975) . Fire as an environmental cue initiating ascomycete development in a tall grass prairie. Mycologia. 67 : 852 - 862 .

Zak. J. C. and D. T. Wicklow (1978 a) . Response of carbonicolous ascomycetes to aerated stem temperatures and treatment intervals. Canadian Journal of Botany. 56 : 2313 - 2318 .

Zak. J. C. and D. T. Wicklow (1978 b) . Factors influencing patterns of ascomycete sporulation following stimulated burning of prairie. Soil Biology and Biochemistry. 10 : 533 - 535 .

الباب الثامن



الفطريات والنيماتودا

الباب الثامن
الفطريات المتطفلة على النيماتودا
Nematophagus Fungi

مقدمة :

تعيش الفطريات فى بيئتها الأصلية فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى فى عشائر متداخلة وفيرة العدد ؛ فعلى سبيل المثال يحتوى الجرام الواحد من التربة الخصبة على ملايين من أفراد هذه الأحياء الدقيقة . وهذه الوفرة فى أعداد وأنواع هذه الكائنات تجعل من المحتم وجود علاقات وطيدة بينها وبين بعضها ؛ فهى تعيش فى توازن ملئ بالحركة وينبض بالحياة .

وقد تتعاون هذه الفطريات مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى ، متناوبة تحليل المواد العضوية الموجودة فى التربة ، وتارة تتنافس على مصدر الغذاء خاصة إذا عز وجوده ، وتارة أخرى تناصب بعضها العداء وتهاجم جيرانها من الأحياء الأخرى ، وأحيانا لا تجد حرجا فى التطفل والافتراس ، وتسقط بعض النيماتودا المتجولة فريسة لهذه الفطريات المتطفلة .

وبعد اختراع المجهر ، أمكن رؤية ذلك العالم الخفى بالاستعانة بقوة تكبيرية كانت كافية لفحص بعض هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا ، ورؤية تلك الهيفات الفطرية التى تحمل حلقات صغيرة محكمة الصنع تشبه أنشوطة راعى البقر الأمريكى الشهير ، تحتال بها على الديدان الثعبانية الصغيرة (النيماتودا) الحرة التى تتجول فى التربة ، وبين المواد العضوية المتحللة ساعية وراء رزقها ؛ فإذا بها تقع ضحية لهذا الفطر المخادع ، وتصبح فريسة سهلة داخل أنشوطته البارعة ، التى تنقبض بسرعة فائقة وبقسوة على جسم الفريسة الضعيف ؛ فلا تستطيع منه فكاكا ، ولا تجد لنفسها خلاصا .

وتخترق هيفا دقيقة – يكوّنها الفطر المتطفل – جليد الفريسة ، يُفرز منها سم زعاف (توكسين) ؛ يسرى فى جسمها ، ويشل حركتها ؛ فتكف – بعد فترة قصيرة – عن محاولاتها المستميتة للتخلص من قبضة هذه الأنشوطة العجيبة . وتقوم هيفات الفطر باختراق أحشاء الفريسة وتحليلها . كما تفرز هذه الهيفات بعض المضادات الحيوية الشديدة الفاعلية ؛ التى تثبط بها نمو الميكروبات الأخرى الموجودة داخل القناة الهضمية للنيماتودا الميتة ؛ فيستأثر الفطر بغنيمته دون أن يترك للميكروبات الأخرى فرصة لمشاركته غذاءه .

وهكذا تدور رحى حربٍ ضروس فى التربة ، بصورة غير مرئية لنا ، يتنافس فيها الجميع ، وتسقط من بين هذه الأحياء الدقيقة ضحايا ، تصبح غنائم لأحياء أخرى ، ولا تكف هذه الأحياء الدقيقة عن التطاحن والمبارزة ، والذى يأكل اليوم يُؤكل غدا .

وتعود معلوماتنا عن الفطريات المتطفلة على النيماتودا إلى دراسات الباحث الألمانى Fresenius (1852) ؛ الذى قام بفحص الفطريات النامية على المخلفات العضوية ؛ حيث جذب انتباهه أحد الأنواع الفطرية الذى يكوّن حوامل كونيدية طويلة ورشيقة ترتفع عدة مئاتٍ من الميكرونات عمودية على سطح البيئة التى تنمو عليها هيفات الفطر ، وكانت هذه الحوامل تحمل عديدا من الكونيديات الثنائية الخلايا ، وأطلق Fresenius على هذا الفطر اسم " *Arthrobotrys oligospora* " (شكل ٨ – ١) .

وبعد ذلك بعدة سنوات ، وجد Woronin (1870) أنه عند إنبات كونيديات الفطر *Arthrobotrys* على الروث القديم المتحلل ، فإن بعض هيفات الفطر تنمو لأعلى ، وتنحنى فى نموها حتى تتحد مع منشأ الفرع مكونة أنشوطة (حلقة) ، وتتكون عديد من هذه الحلقات المتقاربة مكونة ما يشبه الشبكة net-like bails ، إلا أن Woronin لم يستطع – حينئذ – أن يتعرف على دور هذه التركيبات الفطرية وعلاقتها باصطياد النيماتودا الحرة .

وفى عام ١٨٨٨ استطاع الباحث الألمانى Zopf ملاحظة أن مثل هذه التركيبات الفطرية عبارة عن شراك خادعة ، يحتال بها الفطر على النيماتودا الحرة ؛ فإذا ما مرت من خلالها ، أطبقت عليها الأنشوطة فى لمح البصر ؛ فلا تستطيع النيماتودا الضحية فكاكا من مصيرها المحتوم . ولقد درس هذا الباحث النابه المراحل التى تلى اقتناص الفطر لفرائسه من النيماتودا ، وتعرف على طبيعة اختراق هيفات الفطر

لجليد النيماتودا التى تم أسرها ، ونمو هيفات الفطر داخل أحشاء النيماتودا وتحليله لأنسجتها .

ويعتبر الباحث الألمانى Zopf أول من درس العلاقة بين الفطر المتطفل وفرائسه من النيماتودا الحرة المتجولة ؛ حيث اعتقد أن اصطياد هذه الفطريات المتطفلة لفرائسها من النيماتودا يرجع إلى التراكيب الطبيعية البارعة التى يكونها الفطر على هيفاته ، ثم مر على هذه الدراسات حوالى نصف قرن ، قبل أن يوضح الباحث الألمانى Drechsler (1933) أن هذه التراكيب الفطرية – ذات المظهر الشبكى – لها قدرة عالية على الالتصاق بجسم فرائسها من النيماتودا الحرة التى تحتك بها خلال تجولها فى التربة أو المواد العضوية ، دون أن يكون لهذه الفرائس أى أمل فى النجاة .

ولقد جذب هذا الموضوع الفضول العلمى لدى كثير من الدارسين والباحثين لسنوات عديدة بعد ذلك ؛ حيث ساد الاعتقاد بأن هيفات مثل هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا تعيش مترممة فى التربة فى الظروف الطبيعية ، ولكنها تلجأ إلى تكوين مثل هذه التركيبات البارعة لاصطياد النيماتودا عندما يقل الغذاء المتاح لها فى التربة ويشعر الفطر بالجوع .

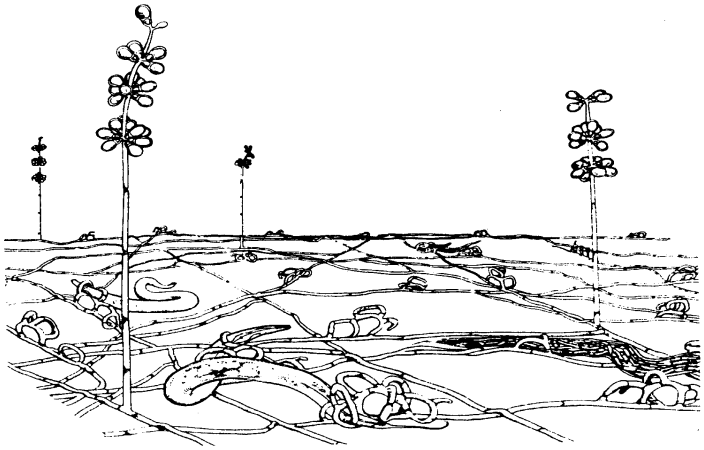
ولقد لعبت الصدفة دورا كبيرا فى التعرف على حقيقة الدور الذى تلعبه هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا ؛ حيث لاحظ الباحث الألمانى Drechsler (1933) – خلال عزله لبعض الفطريات الممرضة للجذور باستعمال بيئة الأجار المائى ذات المحتوى القليل من العناصر الغذائية – أن عديدا من المستعمرات الفطرية والبكتيرية قد نما على سطح الأجار ، كما أن بعض أفراد النيماتودا كانت تتجول بين هذه المستعمرات الميكروبية للتغذية عليها .

وكم كانت دهشة هذا الباحث عظيمة ، عندما شاهد ميسليوم بعض الفطريات النامية على هذه البيئة الفقيرة ، قد نصبت شباكها على الهيفات المبعثرة على سطح الاجار ، تصطاد بها النيماتودا المتجولة حولها لتحللها وتتغذى عليها ، متغلبة على فقر البيئة الغذائية التى تنمو عليها .

وحيث إن Derchsler كان باحثا دقيقا وبارعا فى تسجيله لمشاهداته ، كما كان رساما موهوبا ، فلقد ساعده ذلك على نشر سلسلة متصلة من البحوث العلمية القيمة عن تلك الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة ، وعلى الحيوانات الدقيقة الأخرى التى

تنمو فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة . واستمرت هذه الأبحاث منذ عام ١٩٣٣ حتى عام ١٩٧٥ ، تدعم دراسة بيولوجيا الفطريات وعلاقتها بالأحياء الدقيقة الأخرى من حولها .

ولقد أسهمت الخدمات الجليلة التى قام بها الباحث الألمانى Drechsler وغيره من أمثال Duddington (من عام ١٩٥٠ إلى عام ١٩٧٢) و Barron من عام ١٩٦٩ إلى عام ١٩٨١) – وأيضا أبحاث Subramanian و Gray – فى توضيح طبيعة تطفل هذه الفطريات على النيماتودا . كما وضع الباحثان (1964) Cooke & Godfrey مفتاحا لتعريف تلك المجموعة من الفطريات شمل جميع الأنواع المعروفة .



شكل (٨ – ١) : تصور تخطيطى لنمو الفطر *Arthrobotrys oligospora* على سطح بينة الأجار المائى ، يظهر فيه على اليسار نيماتودا حديثة الأسر ، بينما النيماتودا التى على اليمين تم اصيطادها ونمو هيفات الفطر داخلها بعد ٢٤ ساعة من الأسر . ويوضح الشكل الحوامل الكونيدية التى تنمو متعامدة على الهيفات النامية سطحيًا ؛ حيث تحمل هذه الحوامل كونيديات ثنائية الخلايا فى عناقيد.

ولقد أدت هذه الدراسات والأبحاث العلمية إلى اكتشاف أكثر من ١٥٠ نوعا من هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا ، والتى أمكن عزلها من جميع أنواع الأراضى والمواد العضوية المتحللة فى كثير من دول العالم (جدول ٨ – ١) . ومازالت الدراسات تجرى على مثل هذه الفطريات التى تلعب دورا كبيرا مع غيرها من الفطريات الأخرى المتطفلة على الأميبا والحيوانات الصغيرة الأخرى ؛ وذلك لحفظ التوازن الحيوى لأحياء التربة الدقيقة . ومازال هناك المزيد من الدراسات التى تجذب الباحثين لكشف غموض هذا العالم الخفى .

أولاً ـ ماهى النيماتودا ؟

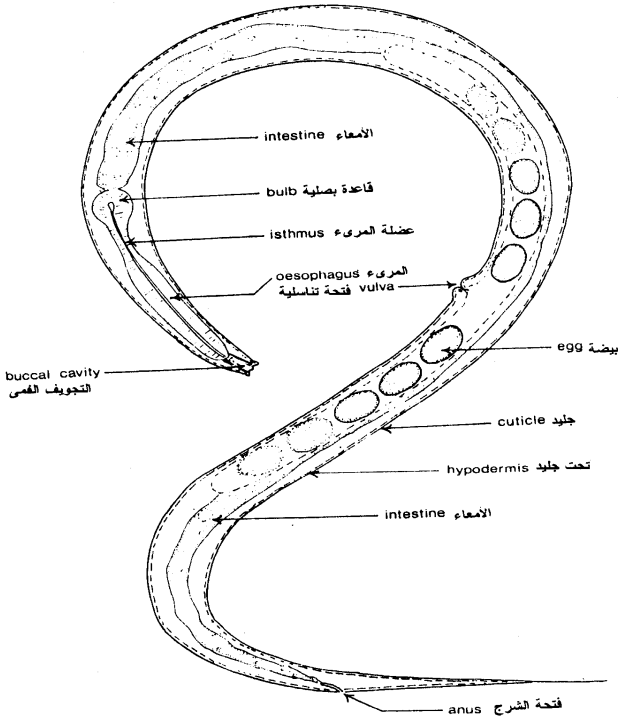
تشتق كلمة نيماتودا Nematode من اللاتينية nema بمعنى " خيط " ، و eidos بمعنى " شبيه " ؛ فهى الكائنات الحية الشبيهه بالخيوط ؛ لذا يطلق عليها أحياناً " الديدان الخيطية " . وقد تسمى – أيضا – " الديدان الثعبانية eelworms " ، إلا أن ذلك خطأ شائع ؛ إذ ليس جميع أنواعها تتحرك حركة ثعبانية .

والنيماتودا حيوانات أسطوانية عديمة الأطراف ، صغيرة الحجم غالبا ، واسعة الانتشار . ويمكن وجود هذه النيماتودا فى أية بيئة تتوفر فيها أسباب الحياة . ولقد عرفت بعض الأنواع التى تصيب الإنسان – مثل ديدان الإسكارس – قبل الميلاد بعدة قرون، إلا أن نيماتودا النبات لم تكتشف إلا بعد اختراع المجهر ؛ حيث إنها صغيرة الحجم ؛ يتراوح طولها بين ٠,٢ ملليمتر و ٥ ملليمترات ، بينما لا يتعدى قطرها ١٠٠ ميكرون .

وعلى الرغم من صغر حجم النيماتودا ، إلا أن هناك أنواعا كبيرة الحجم ؛ مثل النيماتودا البحرية التى يصل طولها إلى ٥ سنتيمترات ، بينما هناك أنواع عملاقة من النيماتودا المتطفلة على الحيتان ، يصل طول بعضها إلى ٧,٥ مترا ، وتعتبر أطول النيماتودا المعروفة .

وتتبع النيماتودا الحيوانات اللافقارية ، وهى ذات جسم أسطوانى يغطيها من الخارج غلاف مرن صعب التحلل يسمى الجليد (cuticle) . والنيماتودا وحيدة الجنس ، تتغذى على ما يحيط بها من كائنات حية أو مواد عضوية . ويتحور تجويف الفم buccal cavity تبعا لطبيعة تغذيتها . ففى الأنواع التى تتغذى على البكتيريا يكون

تجويف الفم ضيقا نسبيا ذا تبطين أملس ، بينما يتحور هذا التجويف إلى تركيب صلب (رمح Stylet) لاختراق أنسجة النبات ؛ وذلك فى النيماتودا المتطفلة ، وأيضـــا فـــى النيماتودا المفترسة لغيرها من الفرائس .



شكل (٨ – ٢) : رسم يوضح الشكل العام للنيماتودا وأهم التراكيب التى تميز النيماتودا الحرة .

وتتعرض النيماتودا إلى مهاجمة عديد من الفطريات التى تتطفل عليها وتحللها . وتعتبر النيماتودا الحرة أحد مكونات عشائر الحيوانات الصغيرة microfauna فى التربة الخصبة وعلى المواد العضوية المتحللة ؛ حيث تُقدّر أعدادها فى الأراضى الخصبة وحول جذور النباتات بحوالى ١ - ٢ مليون نيماتودا لكل متر مربع . ومن المألوف وجود هذه الحيوانات الصغيرة فى روث الحيوانات ، وعلى الخشب المتعفن ، وفى المياه العذبة والمالحة .

وتتحرك النيماتودا حركة تموجية تدفعها إلى الأمام ، تتم عن طريق سلسلةٍ من التموجات الظهرية البطنية ؛ مخترقة فى حركتها التربة أو الماءَ أو الوسط اللزج الذى تعيش فيه . ومعظم النيماتودا تُفضّلُ وجودَ طبقةٍ رقيقةٍ من الماء حولها . وتتأثر حركة النيماتودا بموجات الحركات الانقباضية والانبساطية للعضلات الطولية التى تتوزع على طول الجسم .

ثانياً - الفطريات المتطفلة على النيماتودا :

يمكن تصنيف هذه الفطريات إلى متطفلاتٍ خارجيةٍ ectoparasites (مفترساتٍ predatory fungi) ومتطفلاتٍ داخليةٍ endoparasites . وتتميز أنواع الفطريات المصنفة كمتطفلاتٍ خارجيةٍ بأنها تكوّن نظاما هيفيًا فى البيئة التى تنمو فيها ؛ تحمل تراكيب متخصصة (مصائد) ؛ تستعمل فى القبض على فرائسها من النيماتودا الحرة التى تتجول بالقرب من الفطر .

ومن هذه التراكيب الفطرية المتخصصة فى اصطياد ضحاياها من النيماتودا : الهيفات اللاصقة sticky hyphae ، والعقد اللاصقة sticky knobs ، والشباك اللاصقة adhesive networks ، والحلقات غير المنقبضة non-constricting rings ، والحلقات المنقبضة constricting rings (شكل ٨ - ٣) .

ويتم اختراق جليد الفريسة - التى تقع فى الأسر - بواسطة هيفات الفطر المتطفل ؛ حيث يتحلل جسمها من الداخل بفعل الإنزيمات الفطرية المحللة . ولا تختلف التراكيب الفطرية المتخصصة فى اصطياد النيماتودا الحرة اختلافا كبيرا من الناحية الوظيفية عن شباك العنكبوت ؛ لذلك يمكن اعتبار هذه الفطريات مفترسات predaceous .

وتتميز الفطريات المتطفلة داخليا على النيماتودا endoparasites (endozoic parasites) بعدم وجود هيفات فطرية تنمو خارج جسم النيماتودا المصابة، ولكن تظهر من جسم العائل حوامل كونيدية تحمل كونيديات .

وتنتشر كونيديات الفطريات الداخلية التطفل مبعثرة فى التربة ، وعلى سطح المواد العضوية المتعفنة ؛ فإذا مرت أحد أفراد النيماتودا الحرة ولامست إحدى هذه الكونيديات، التصقت الكونيدة بجليد النيماتودا . وقد تبتلع النيماتودا بعض هذه الكونيديات مع حبيبات التربة والمواد العضوية . وفى كلتا الحالتين تنبت الكونيديات وتخترق جسم النيماتودا مخترقة الأنسجة ، ومحللة جسم الضحية . وتنمو هيفات الفطر داخل أحشاء النيماتودا ، بينما تتكون الحوامل الكونيدية خارج الجسم ، حاملة كونيديات جديدة مستعدة لإصابة مزيد من الضحايا .

جدول (٨ - ١) : أهم أجناس الفطريات المتطفلة على النيماتودا والطوائف التابعة لها (عن Gray, 1988) .

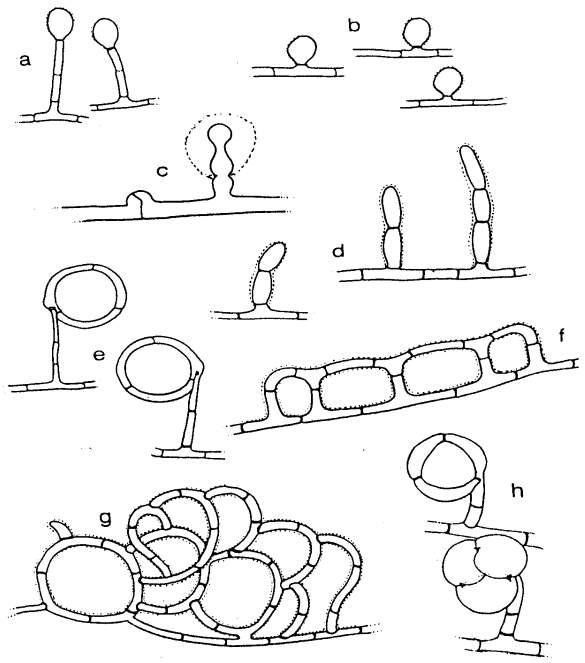
الطائفة Class	الأجناس التابعة للطائفة
١ - الفطريات الكيتريدية Chytridiomycets	*Catenaria*
٢ - الفطريات البيضية Oomycetes	*Haptoglossa* و *Myzocytium* و *Nematophthora* و *Protascus*.
٣ - الفطريات الزيجية Zygomycetes	*Acaulopage* و *Macrobiotophthora* و *Meristacrum* و *Rhopalomyces* و *Stylopage* .
٤ - الفطريات الأسكية Ascomycetes	أبحاث حديثة تدل على أن الطور الكامل للفطر الناقص *Harposporium anguillulae* يتبع الجنس الأسكي *Atricordyceps*.
٥ - الفطريات البازيدية Basidiomycetes	*Pleurotus* و *Hyphoderma* والطور الكامل للفطر الناقص *Nematoctonus* وهو يتبع الجنس البازيدى *Hohenbuehelia*
٦ - الفطريات الناقصة Deuteromycetes	*Arthrobotrys* و *Dactylaria* و *Dactylella* و *Drechmeria* و *Harposporium* و *Monacrosporium* و *Verticillium*

وفى بعض الحالات لا تكون هناك فروق واضحة بين الفطريات الخارجية التطفل (المفترسات) والفطريات الداخلية التطفل ؛ فعلى سبيل المثال ، يلاحظ أن الفطريات

المتطفلة داخليًا تنتج جراثيم هدبية zoospores تسبح فى الوسط الرطب الذى تعيش فيه النيماتودا ، متجهة إليها عن طريق الجذب الكيميائى لمواد مُفرزةٍ من جسم النيماتودا ، فإذا وصلت هذه الجراثيم السابحة إلى سطح جليد النيماتودا فإنها تفقد أهدابها ، وتتحوصل لفترةٍ قصيرةٍ ، ثم تبدأ فى الإنبات مخترقة جليد النيماتودا ، وتتطفل عليها . ولما كانت الجراثيم الهدبية السابحة تطارد ضحاياها من النيماتودا وتلاحقها ، وتنجح فى الوصول إليها وإصابتها ، فإنها تعتبر مفترساتٍ predators .

وهناك حالات أخرى أكثر تعقيدا ؛ كما هى الحال فى الجنس *Nematoctonus* ؛ حيث تصنف بعض أنواعه كمفترسات ، بينما تصنف أنواع أخرى تابعة له كمتطفلاتٍ داخليةٍ .

ونظرا لعدم وجود حدودٍ واضحةٍ بين هاتين المجموعتين من الفطريات المتطفلة على النيماتودا ، فقد لجأ بعض الباحثين إلى تعميم استخدام مصطلح " مفترسات predators " على جميع الفطريات المحللة للنيماتودا nematode - destroying fungi، بينما يشار إلى الفطريات المتطفلة داخليًا endozoic بأنها " متطفلات parasites " ، ويشار إلى النيماتودا الضحية بأنها " عائل host " . ويطلق بعض الباحثين على الفطر المتطفل خارجيا " مفترس predator " ، كما يطلق على النيماتودا اسم "ضحية prey". وهكذا اختلف الباحثون فيما بينهم فى مصطلحاتهم العلمية ، بينما يلتهم الفطر ضحاياه من النيماتودا ، دون أن يعبأ كثيرا بالأسماء التى تطلق عليه أو على فريسته .



شكل (٨ - ٣)

شكل (٨ – ٣) : أنواع التراكيب الفطرية المتخصصة فى إصطياد النيماتودا الحرة بواسطة الفطريات خارجية التطفل . (عن Barron, 1977) .

a = عقد لاصقة معنقة Stalked adhesive knobs .

b = عقد لاصقة جالسة Sessile adhesive knobs .

c = عقدة لاصقة تشبه زجاجة الساعة hour-glass adhesive knob كما فى الفطر *Nematoctonus* .

d = فريعات لاصقة adhesive branches .

e = حلقات غير منقبضة non-constricting rings .

f = شبكة هيفية لاصقة ذات مستويين two-dimensional scalariform adhesive net .

g = شبكة هيفية لاصقة ثلاثية الأبعاد three-dimensional adhesive net .

h = حلقات منقبضة (ضاغطة) constricting rings .

ثالثا ـ الفطريات خارجية التطفل (المفترسات) :

تنمو هيفات هذه الفطريات على المواد العضوية وفى التربة الخصبة بصورة متناثرة ، ويتوقف نموها على وجود عشيرة نيماتودية وفيرة العدد ، وعلى كفاءة هيفات الفطر فى تكوين التراكيب المناسبة لاصطياد ضحاياها من النيماتودا للتغذية عليها .

ومعظم الفطريات المتطفلة خارجيًا تتكون مصائدها فى وجود النيماتودا الحرة بالقرب من هيفاتها ؛ حيث تستجيب هذه الهيفات إلى المواد الكيميائية المشجعة لتكوين هذه التراكيب الصائدة للنيماتودا ؛ والتى تفرز من جسم النيماتودا نفسه . ومع ذلك ، يمكن أن تتكون على هيفات الفطر مثل هذه المصائد حتى فى غياب النيماتودا .

وقد تتكون هذه المصائد الفطرية مباشرة على كونيديات الفطر ، مكونة ما يسمى بـ " المصائد الكونيدية conidial traps " (Dackman et al., 1992) ، أو قد تظهر هذه التراكيب على مسافات متباعدة على طول الهيفات الفطرية النامية فى التربة أو على المادة العضوية .

رابعاً : التراكيب الفطرية الصائدة للنيماتودا
Organs of capture :

١ – الهيفات اللاصقة Adhesive hyphae :

تتميز هذه التراكيب الفطرية بوجود مواد لاصقة على سطحها ؛ يفرزها الفطر بغرض التصاقها بجليد النيماتودا المارة بجوارها ، فإذا لامس سطح النيماتودا هذه الهيفات التصقت بها على الفور . وينتشر هذا النوع من التراكيب الفطرية المتخصصة فى اصطياد النيماتودا فى الفطريات غير الراقية ذات الميسليوم غير المقسم ؛ مثل الفطريات الزيجية Zygomycetes .

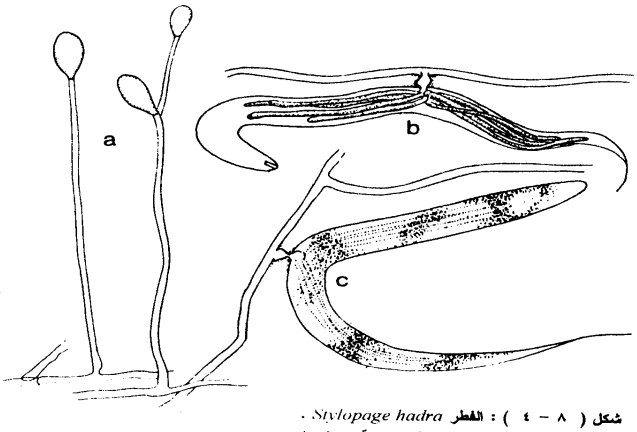
ومثل هذه الفطريات ، لا يتكون على هيفاتها تراكيب فطرية معقدة ، إلا أن الميسليوم الفطرى يعمل كمصيدةٍ لاصقةٍ ، مستخدما مواد لاصقة قوية ، يصعب على النيماتودا التخلص منها . ولا توجد منطقة محدودة من الميسليوم الفطرى تتميز بإفراز المواد اللاصقة ، بل تفرز هذه المواد على طول هيفات الفطر ، إما بصورة مستمرة ، وإما كاستجابةٍ سريعةٍ لملامسة جسم النيماتودا الحرة لجزءٍ من هيفات الفطر أثناء تجوالها فى التربة .

وفى بعض الفطريات الزيجية المتطفلة خارجيًا على النيماتودا ، تتكون جراثيم كلاميدية سميكة الجدار ؛ كما هى الحال فى الجنس *Cystopage* . وفى الفطريات الأكثر رقيا يتكون حامل كونيدى قائم يحمل كونيدة واحدة أو عددا قليلا من الكونيديات؛ كما يشاهد فى الجنس *Stylopage* . ومن أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس الفطر *S. hadra* ؛ الذى يتطفل على عديد من أنواع النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة .

وتتميز هيفات الفطر *S. hadra* بأنها متناثرة فى التربة ، وتتفرع تفرعات غير منتظمة الزوايا . والهيفات اللاصقة تكون عادة قوية وأكثر سمكا فى المنطقة التى تلتصق منها بجسم فريستها من النيماتودا (شكل ٨ – ٥) . وتأخذ هذه الهيفا اللاصقة لونا مصفرا مميزا ، كما يمكن مشاهدة المادة اللاصقة التى تفرزها هيفات الفطر عند التصاقها بجسم الفريسة .

وبعد أن يتمكن الفطر من فريسته (من النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة) ،

يكون عضو التصاق appressorium على الجـــزء مـــن الـــهيفا الملامـــس لجليـــد النيماتودا (شكل ٨ - ٤) . ولا تموت النيماتـــودا التى تم أسرها بســـرعة ، ولكنـــها تظل حية لفترة ما ، تتحرك خلالها لمقاومة التصاق جليدها بهيفات الفطر اللاصقـــة ، محاولة الفرار من هذه المصيدة دون جدوى ؛ حتى تستنفذ قواها ، ويخـــور عزمـــها ، وتستسلم لمصيرها المحتوم.



شكل (٨ - ٤) : الفطر *Stylopage hadra* .

a = حوامل كونيدية وكونيديات .

b = نيماتودا حديثة الأسر ، تنمو داخلها هيفات الفطر الماصة للغذاء .

c = هيفات الفطر المتغذية على محتويات الفريسة بعد هجرة محتوياتها ، ونمو البكتريا داخل أحشاء النيماتودا المتحللة .

ويخترق جليد النيماتودا هيفا دقيقة تنشأ من عضو الالتصاق ، تنمـــو خـــلال جســـم الضحية مخترقة أنسجته الداخلية ، ومحللة لأحشائها ، يطلق عليها اسم " وتد العـــدوى infection peg " . وتتكون هيـــفات طويلة غير متفرعـــة تمتـــص محتويـــات جســـم النيماتودا . وتنمو هذه الهيفات فى جميع الاتجاهات على طول جسم النيماتودا ؛ حيـــث يطلق عليها اسم الهيفات الماصة للغذاء absorptive hyphae (شكل ٨ - ٤ - b) .

وبعد أن يتم الفطر نموه داخل جسم الفريسة وتحليله لأنسجتها الداخلية ، يهاجر بروتوبلازم الهيفات الماصة للغذاء إلى هيفات الفطر المنتشرة خارج جسم النيماتودا بعد هضمها ، تاركا هذه الهيفات الداخلية خالية من البروتوبلازم . ثم يكون الفطر جدارا عرضيا يمنع تراجع البروتوبلازم مرة اخرى إلى الهيفات الماصة داخل جسم النيماتودا المتحلل ؛ وبذلك يتحول جسم النيماتودا إلى كيس خال من المحتويات الداخلية ، ويصعب تحديد وجود هيفات الفطر داخله . ويظل جليد النيماتودا باقيا دون تحلل ؛ وذلك بسبب مقاومته لإنزيمات الفطر المحللة .

وفى هذه المرحلة تنشط بكتيريا التربة فى مهاجمة بقايا جسم النيماتودا المتحللة (شكل ٨ – ٤ – c) ، وتتميز هيفات الفطريات الزيجية بعدم قدرتها على إفراز مضادات حيوية تمنع نمو غيرها من أحياء التربة الدقيقة على فرائسها من النيماتودا ، بعكس الحال فى الفطريات الناقصة .

وتكون هيفات الفطر *S. hadra* حوامل كونيدية مبعثرة ؛ يحمل كل منها كونيدة واحدة كبيرة الحجم ، يتراوح طولها بين ٢٠ و ٤٥ ميكرونا ، ويتراوح عرضها بين ١٣ و ٢٣ ميكرونا (شكل ٨ – ٤ – a) . وتتناثر هذه الحوامل الكونيدية خارج جسم النيماتودا ؛ حيث تحمل بعضها كونيديات على حوامل كاذبة المحور . ويتم إنبات كونيديات هذا الفطر من أى طرف من أطرافها .

ولم يشاهد أى تكاثر جنسى للفطر *S. hadra* ، فى حين أن الأنواع الأخرى التابعة لنفس الجنس *Stylopage* – والتى تهاجم الأميبا – تكون جراثيم زيجية zygospores ؛ لذلك يوضع الفطر *S. hadra* فى طائفة الفطريات الزيجية Zygomycetes .

وعلى الرغم من تشابه المواد اللاصقة المتكونة فى الفطريات الزيجية فى وظيفتها مع تلك المتكونة فى الفطريات الناقصة ، إلا أنها تختلف عنها فى لونها وطبيعة تكوينها . ففى الفطريات الزيجية تتراكم هذه المواد اللاصقة عند الجزء من الهيفا الملامس لجسم النيماتودا التى تم الالتصاق بها وأسرها ، ويكون لون هذه المادة اللاصقة أصفر ذهبيا ، ذا قوام لزج ؛ مما يسهل ملاحظته عند الفحص المجهرى . وتتميز المادة اللاصقة المتكونة على هيفات الفطريات الزيجية بقدرتها الشديدة على الالتصاق بجليد النيماتودا . ولا تكون هيفات هذه الفطريات أية تراكيب أخرى لاصطياد النيماتودا .

بينما يتكون على هيفات الفطريات الناقصة تراكيب متخصصة فى اقتناص النيماتودا الحرة ؛ مثل الشباك اللاصقة adhesive nets ، وهى تراكيب هيفية معقدة ، تمكن الفطر من الإمساك بضحاياه من النيماتودا الحرة المتجولة حوله ، هذا بالإضافة الى إفراز المواد اللاصقة على مثل هذه التراكيب المتخصصة ؛ مما يزيد من كفاءة الفطر فى اصطياد فرائسه .

٣ – الفروع اللاصقة Adhesive branches :

يتم اصطياد النيماتودا الحرة – فى هذه الحالة – بتكوين الفطر المتطفل فروعا قائمة تتكون من هيفاته المتفرعة المقسمة . وتغطى هذه الفروع الهيفية القصيرة طبقة من مادةٍ لاصقة تمسك بسطح النيماتودا . ويعتبر هذا الأسلوب قليل الانتشار بين الفطريات المتطفلة خارجيًا ، وهو يميز بعض الفطريات التابعة لطائفة الفطريات الناقصة .

وتتميز الفطريات الراقية المتطفلة خارجيًا على النيماتودا الحرة بقدرة هيفاتها المقسمة على الاندماج hyphal fusions ، وتكوين تركيباتٍ هيفيةٍ معقدةٍ يشترك فى تكوينها عديد من الخلايا ؛ حتى تتكون فى النهاية مصيدةٌ محكمة يصعب على النيماتودا الإفلات منها .

ويصعب التفرقة – أحيانًا – بين الفروع اللاصقة والعقد والشباك اللاصقة ؛ وترجع صعوبة التعرف على مثل هذه التراكيب الفطرية إلى أن الفطر الواحد يمكنه تكوين عديدٍ من هذه التراكيب المتخصصة فى اصطياد النيماتودا الحرة على هيفاته ؛ حيث تشترك جميعها فى الإمساك بفرائس النيماتودا العابرة بجوار الهيفات الفطرية ؛ سواء عن طريق الصدفة ، أم نتيجة استجابة هذه النيماتودا للمواد الكيميائية الجاذبة لها والتى تفرزها هذه التراكيب ؛ فتتجه النيماتودا إلى الشَّرَك المجهز لها ، دون أن تفطن هى إلى حيلة الفطر المفترس .

وفى دراسةٍ حديثةٍ (Saxena & Mittal, 1995) على الجنس *Monacrosporium* الذى يتبع الفطريات الناقصة ، ثم التعرف على حوالى ٣٥ نوعا من أنواع المصائد الفطرية المتخصصة فى اصطياد النيماتودا فى الأنواع الفطرية التابعة لهذا الجنس ؛ حيث تمت دراسة هذه التراكيب الفطرية باستعمال الميكروسكوب الإليكترونى الماسح

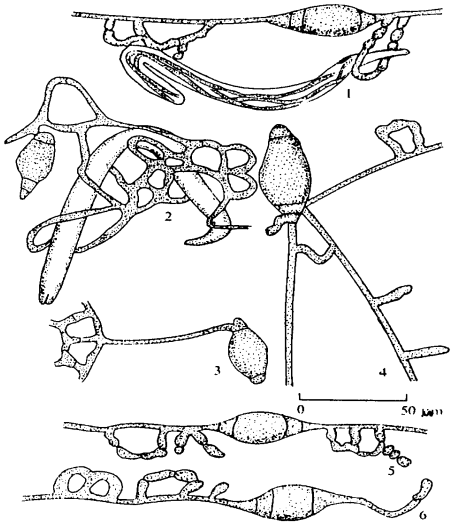
SEM ؛ للتعرف على كيفية اصطياد الأنواع المختلفة للجنس *Monacrosporium* للنيماتودا الحرة *Panagrellus redivivus* . ويوضح جدول (٨ – ٢) أهم التراكيب الفطرية التى تم فحصها ، بينما يوضح شكل (٨ – ٥) بعض هذه التراكيب .

جدول (٨ – ٢) : بعض المصائد الكونيدية conidial traps التى تكونها أهم الأنواع التابعة للجنس *Monacrosporium* (عن Saxena & Mittal. 1995)

مسلسل	اسم الفطر	نوع المصائد المتكونة على كونيدياته
١ –	*M. aphrobrochum*	حلقات منقبضة
٢ –	*M. asthenopagum*	عقد لاصقة
٣ –	*M. bembicodes*	حلقات منقبضة
٤ –	*M. cionopagum*	فروع لاصقة
٥ –	*M. cystosporum*	شباك لاصقة
٦ –	*M. eudermatum*	شباك لاصقة
٧ –	*M. ellipsosporum*	عقد لاصقة
٨ –	*M. gephyropagum*	فروع لاصقة
٩ –	*M. lysipagum*	عقد لاصقة وحلقات غير منقبضة
١٠ –	*M. manunillatum*	عقد لاصقة
١١ –	*M. megalosporum*	شباك لاصقة
١٢ –	*M. parvicolle*	عقد لاصقة
١٣ –	*M. phymatopagum*	عقد لاصقة
١٤ –	*M. salinum*	شباك لاصقة
١٥ –	*M. thaunasium*	شباك لاصقة

وتتكون الفروع اللاصقة منتصبة فوق سطح البيئة التى ينمو عليها هيفات الفطر المتطفل . وقد تمتد هذه الهيفات على سطح البيئة ، أو تكون مغمورة تحت سطحها ، حاملة معها الفروع اللاصقة ، وهذا لا يقلل من كفاءتها فى قنص النيماتودا .

ومن المهم أن تظهر هذه التراكيب الفطرية اللاصقة مرتفعة لمسافة قصيرة فوق سطح المادة العضوية أو التربة التى تنمو عليها ؛ حيث إنها تأخذ وضعا مناسبا يمكن لها بسهولة الالتصاق بضحاياها من النيماتودا المتجولة بالقرب من سطح البيئة أو على سطحها مباشرة ، وخاصة تحت ظروف الرطوبة العالية . وبمجرد أن تتلامس النيماتودا بإحدى هذه المصائد اللاصقة ، فإنها تمسك بها بشدة ، وسرعان ما تخترق هيفا العدوى التى يكونها الفطر جليد الفريسة وينمو داخلها .



شكل (٨ – ٥) : بعض المصائد الكونيدية conidial traps المتكونة على كونيديات بعض الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Monacrosporium* المتطفل على نيماتودا *Panagrellus redivivus* (عن Saxena & Mittal, 1995) .

١ – نيماتودا تم أسرها وإصابتها عن طريق الفروع اللاصقة الناتجة عن إنبات كونيدة للفطر *M. cionopagum* .

٢ – نيماتودا مغطاه بشبكةٍ من الهيفات اللاصقة متكونة من إنبات كونيدة للفطر *M. salinum* .

٣ – كونيدة للفطر *M. cystosporum* تحمل حلقاتٍ لاصقة adhesive loops على هيفا الإنبات germinative hypha .

٤ – كونيدة مقسمة بثلاثة جدر عرضية للفطر *M. eudermatum* ، تبدأ في تكوين شبكةٍ لاصقةٍ على هيفا الإنبات .

٥ – كونيدة الفطر *M. cionopagum* منتجة فروعاً لاصقة على طرفيها .

٦ – كونيدة الفطر *M. gephyropagum* ذات فريعات قصيرة ، يتحد بعضها مع بعض لتكوين شبكةٍ هيفية .

وعادة ما تتكون الفروع اللاصقة متجاورة بعضها بجوار بعض ؛ بحيث يلتصق عديد من هذه الفروع بجليد النيماتودا على طول جسمها ، ويؤدى هذا الهجوم المتعدد إلى عرقلة حركة الضحية ، ويجعل هروبها من المصيدة الفطرية أمرا صعبا ، إن لم يكن مستحيلا .

وفى هذا النوع من المصائد الفطرية يتم اصطياد النيماتودا الصغيرة الحجم عادة ، بينما تستطيع النيماتودا الكبيرة والأكثر قوة الإفلات من المادة اللاصقة عن طريق قوة تموجات عضلاتها ، وتهرب من قبضة هذا الفطر المتوحش .

وترتبط قدرة النيماتودا على الإفلات من قبضة هذا الفطر بالظروف البيئية التى تحيط بها ؛ فعندما ترتفع رطوبة البيئة لا تستطيع النيماتودا التملص من قبضة الفروع اللاصقة للفطر ؛ بينما فى ظروف الجفاف – حيث لا يوجد سوى طبقة رقيقة من الماء حول جزئيات المادة العضوية وحبيبات التربة – فإن النيماتودا تستعمل ظاهرة التوتر السطحي كقوة إضافية لتحررها من المصيدة الفطرية .

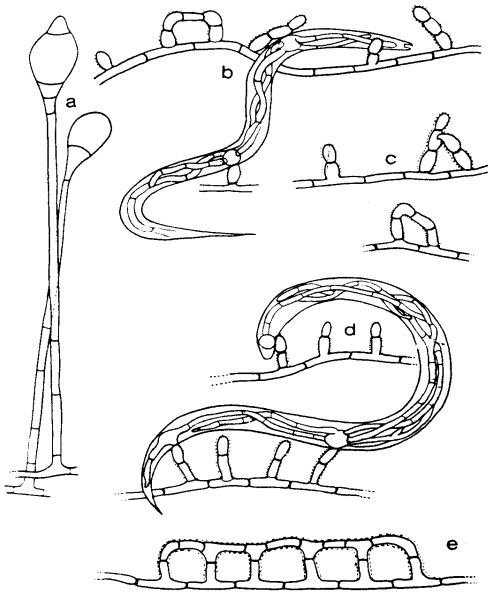
وعلى العكس من ذلك ، فكلما زادت لزوجة الوسط تطلب الأمر مجهودا مضاعفا من النيماتودا لكى تتحرر من قبضة الفطر المتطفل .

ومن أهم الفطريات المكونة للفروع اللاصقة ، تلك الأنواع التابعة للجنس *Dactylella* ؛ مثل : *D. gephyropaga* ، و *D. cionopaga* .

وفى بعض الحالات ، قد تتقارب الفروع اللاصقة بعضها من بعض ؛ حيث تنمو هيفا تصل بينها مكونة جسرا مشتركا ، ويكون ذلك مصيدة فطرية ذات شكل حلقى hoop - like trap (شكل ٨ – ٦ – c) ، كما فى الفطر *D. cionopaga* . ويعتبر هذا التركيب الفطرى بمثابة شبكة أولية primitive net . بينما تتكون هذه الحلقات فى فطريات أخرى بطريقة مبعثرة على طول هيفات الفطر .

وفى حالات أخرى نلاحظ أن الفروع اللاصقة تكون غير منتظمة فى شكلها وحجمها ، وتوجد متباعدة – بعضها عن بعض – على طول هيفات الفطر ؛ كما فى حالة الفطر *D. gephyropaga* (شكل ٨ – ٦ – d) .

وقد تنمو فروع لاصقة عمودية على هيفات الفطر فى حالات أخرى ؛ حيث تتحد أطرافها مع بعضها ؛ مكونة شكلا سلميا لاصقا ladder-like adhesive network (scalariform) (شكل ٨ – ٦ – e)



شكل (٨ – ٦) : الفروع اللاصقة Adhesive branches .

a - c = الفطر *Dactylella cionopaga* .
a = حوامل كونيدية ، يحمل كل منها كونيدة وحيدة طرفية .
b = نيماتودا تم اصطيادها بواسطة الخلية الوسطية لفرع لاصق .
c = فرع لاصق يظهر من هيفا جسدية .
d - e = الفطر *Dactylella gephyropaga* .
d = نيماتودا تم اصطيادها بواسطة فرع لاصق .
e = شكل سلمى لاصق ثنائى الأبعاد ، متكون عن طريق اتحاد عدة فروع لاصقة بعضها مع بعض .

ويلاحظ أن الفطرين السابقين *D. cionopaga* و *D. gephyropaga* يتكاثران لاجنسيًا ، بتكوين كونيدةٍ وحيدةٍ على قمة حوامل كونيدية قائمة (شكل ٨ – ٦ – a) .

وفى دراسة حديثة لأحد أنواع الجنس *Dactylella* (Liou et al., 1995) – وهو الفطر *D. formosana* – وُجد أن هذا الفطر يكوّن عقدا لاصقة adhesive knobs ، وليس فروعا لاصقة ، وهذا يوضح اختلاف التراكيب الفطرية الصائدة للنيماتودا داخل الجنس الفطرى الواحد . وعلى سبيل المثال تكون الفطريات *D. multiformis* و *D. ramiformis* شباكا لاصقة adhesive nets ، بينما يكوّن الفطر *D. leptospora* عقدا لاصقة وحلقات غير منقبضة .

٣ – الشباك اللاصقة Adhesive nets :

تعتبر الشباك اللاصقة أكثر التراكيب الفطرية المتخصصة فى اصطياد النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة والمواد العضوية المتحللة شيوعا ؛ حيث تتكون هذه التراكيب الفطرية على هيفات كثير من الفطريات الناقصة المتطفلة على النيماتودا ، وهذه أكثر الأنواع فتكا بالنيماتودا الحرة .

وتختلف هذه الشباك اللاصقة فى تركيبها ومدى تطورها ؛ فقد تتكون من حلقة فردية تشبه الأنشوطة (شكل ٨ – ٨ – a) ؛ كما هى الحال فى الفطر *Arthrobotrys musiformis*، أو تكون معقدة التركيب ، عبارة عن شبكة ثلاثية الأبعاد معقدة التفرعات ؛ كما هى الحال فى الفطر *A. oligospora* (شكل ٨ – ٩) .

وتظهر هذه الشباك اللاصقة – عادة – فوق سطح البيئة التى تنمو عليها هيفات الفطر المتطفل – شأنها فى ذلك شأن الفروع اللاصقة – حيث يفرز الفطر مواد لاصقة على السطح الداخلى لهذه الشباك ، تلتصق بجليد النيماتودا بقوة .

ويعتبر الفطر *Arthrobotrys oligospora* من أكثر الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة شيوعا فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة . ويكون هذا الفطر شباكه اللاصقة عن طريق تكوين فرع جانبى من هيفاته ؛ حيث ينمو هذا الفرع وينحنى على نفسه ، حتى تلامس قمته مكان التفرع عند قاعدة الفرع ، ثم تتحد قمة الفرع مع الخلية القاعدية ؛ مكونة حلقة أولية . وتتكون عديد من الحلقات على طول الهيفا الفطرية ؛ مما يعطى – فى النهاية – شبكة معقدة التركيب ثلاثية الأبعاد .

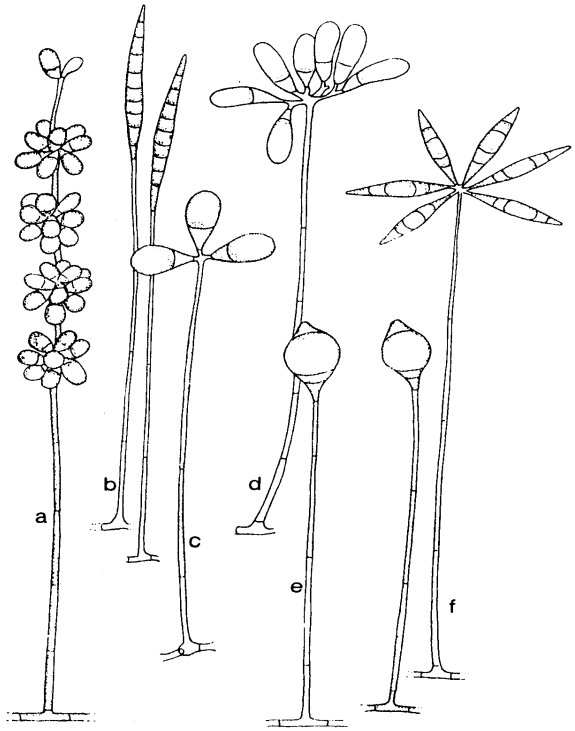
وتتميز هذه الشباك اللاصقة بقدرتها الفائقة على الالتصاق بجليد النيماتودا التى تمر ملامسة لها ، وخاصة النيماتودا الصغيرة الحجم . وعند فحص هذه الشباك اللاصقة بواسطة الميكروسكوب الإليكترونى الماسح SEM ، وجدت مواد لاصقة تغطى سطح هذه التراكيب الفطرية (Nordbring-Hertz, 1972) .

وتتميز هيفات الفطر *A. oligospora* بنمواتها المبعثرة على سطح بيئة الأجار المائى فى وجود النيماتودا الحرة ؛ حيث تصنع هذه الهيفات خطوطاً طولية تقطع طريق النيماتودا الحرة أثناء تجولها على سطح بيئة الأجار بحثاً عن غذائها . وتتكون على هذه الهيفات الفطرية شباك لاصقة تتوزع على طول هذه الهيفات ؛ مكونة نظاماً فتاكاً لا تنجو منه أية نيماتودا شاردةٍ أو واردةٍ .

ولا يسبب تلامس جسم النيماتودا بمصائد الفطر الشبكية التصاقاً فوريًا بجليدها ؛ فقد تسبح النيماتودا فى حقلٍ من الشباك الفطرية ، مارةً من خلال عديدٍ من هذه الشباك القاتله ، دون أن ينالها مكروه . ويبدو أن الأمر يحتاج إلى تلامسٍ لفترةٍ قصيرةٍ ، وربما عدة تلامساتٍ ؛ حتى يتنبه الفطر لوجود هذه النيماتودا ، ثم تبدأ شباكه فى القبض على هذه الفريسة الغافلة ، التى ربما وقفت لبرهةٍ تتغذى على بعض المستعمرات البكتيرية التى فى طريقها ؛ فأصبحت – هى نفسها – غذاءً للفطر المتطفل .

وتلتصق هذه الشباك الفطرية بجليد فرائسها النيماتودية بقوةٍ ؛ فإذا شعرت النيماتودا بما يعوق حركتها ، حاولت – قدر استطاعتها – التخلص من التصاق الشبكة الفطرية بجسمها محاولة الهرب ؛ فيؤدى ذلك إلى تلامسها مع عديدٍ من هذه الشباك اللاصقة على طول جسمها ؛ حيث تلتصق بها أيضاً ؛ فيزيد ذلك من إحكام قبضة الفطر المتطفل على فريسته ، التى تفقد اخر أملٍ لها فى النجاة بحياتها . كما تؤدى المحاولات المستمرة للنيماتودا – التى تم أسرها – للهروب ، إلى استنفاذ طاقتها الحيوية ، ثم تسكن – بعد ذلك – وتستسلم لقضائها .

ولا تعتبر هيفات الفطر النامية على طول المستعمرة ، ولا شباكه اللاصقة تراكيب ثابتة ، بل إنها تتحرك تجاه الإفرازات التى تنتج عن النيماتودا الحرة التى تتجول حولها. وتلعب هذه الحركة البطيئة للهيفات والشباك اللاصقة دورا كبيرا فى القبض على النيماتودا ؛ حيث تحيط بها هذه التراكيب الفطرية من كل جانب وتجعل هروبها أكثر صعوبة .



شكل (٨ – ٧) : الحوامل الكونيدية وكونيديا بعض الفطريات الناقصة المتطفلة خارجيًا على النيماتودا الحرة .

a.c.d = الجنس *Arthrobotrys* .
b.e = الجنس *Dactylella* .
f = الجنس *Dactylaria* .

وبالنسبة إلى الفروع اللاصقة sticky branches ، فإنها تقبض على النيماتودا الصغيرة التى تلتصق بها بسهولة ، بينما قد تهرب من قبضتها النيماتودا الكبيرة عن طريق حركة عضلاتها القوية . إلا أن الفطر المتطفل لم يفته ذلك ، ولم يترك الأمر للصدفة ؛ فهو يقبض على هذه النيماتودا الكبيرة ؛ عن طريق شباكه اللاصقة ذات الفعالية الكبيرة فى القبض على هذه الفرائس الضخمة وشل حركتها .

ويتم التصاق هيفات الفطر بجليد النيماتودا فى عدة مواضع ، وعندما تتنبه الفريسة إلى وضعها الحرج ، فإنها تعمل على زيادة حركاتها العضلية فى محاولة منها للتخلص من قبضة هيفات الفطر ، إلا أن ذلك يؤدى إلى زيادة التفاف هيفات الفطر على طول جسمها ، ثم تتدهور حالة الفريسة ، وتصبح عديمة الحيلة ، وعلى ذلك فإن الفطر المتطفل يستعمل نفس الوسائل فى القبض على فرائسه الكبيرة والصغيرة على حد سواء .

ويغزو جسم الضحية عديدا من هيفات الفطر ؛ وذلك بعد ساعات قليلة من اصطيادها . وتظهر هيفات العدوى (infection pegs) من شبكة الهيفات الفطرية التى تحيط بالفريسة ؛ حيث يظهر تركيب منتفخ بعد اختراق جليد النيماتودا مباشرة يطلق عليه اسم " مثانة العدوى infection bulb " يملأ فراغ جسم النيماتودا أسفل منطقة العدوى مباشرة .

ومن هذه المثانة ، تنمو هيفات فطرية غير مقسمة وغير متفرعة ، تنتشر على طول جسم النيماتودا المصابة ؛ حيث تموت الفريسة مباشرة عند هذه المرحلة . ويمكن القول إن مثانة العدوى تقسم الأحشاء الداخلية لجسم النيماتودا إلى قسمين ؛ فإذا تعددت مناطق العدوى على طول جسم النيماتودا ، مزقت مثانات العدوى المتكونة الأحشاء الداخلية للنيماتودا إربا ، بينما يظل الجليد الخارجى دون تحلل ظاهرى .

ولقد أثبت Shepherd (1955) أن الفطر المتطفل يفرز مادة سامة (توكسين toxin) داخل جسم النيماتودا من خلال مثانة العدوى ؛ حيث يعمل ذلك التوكسين على التعجيل بموت الفريسة . ولقد لاحظ هذا الباحث أن النيماتودا التى يقوم الفطر المتطفل بأسرها وإصابتها ، يثبط نشاطها ، وتقل حركتها بعد اختراق وتد العدوى infection peg لجليدها ؛ حيث تفقد الضحية حيويتها فى أقل من ساعة بعد وقوعها فى الأسر .

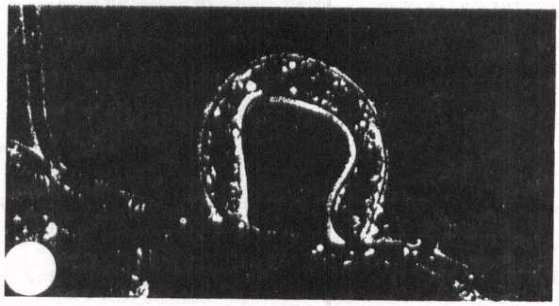
وهناك عديد من هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا التى تعتمد على إفرازها للمواد السامة (التوكسينات) ، وهى كلها تعتمد على الدراسات التى أجراها الباحثان Olthof & Estey (1963) ؛ حيث أوضحت نتائجهما أن مترشح النيماتودا المصابة بالفطر *Arthrobotrys oligospora* يحتوى على مادة مثبطة لنشاط النيماتودا nematode-inactivating substance . وفى دراسة أخرى ، يعتقد الباحثان Balan & Gerber (1972) أن الفطر ينتج أمونيا تعمل على سرعة موت النيماتودا التى تخترقها هيفاته .

ومن مثانة العدوى infection bulb تنمو هيفات الفطر بطول جسم الضحية ، مخترقة أحشاءها الداخلية ومحللة أنسجتها . ولا يتبقى من الفريسة سوى جليدها الخارجى الذى يقاوم التحلل . وبعد انتهاء مراحل العدوى ، يتراجع بروتوبلازم هيفات الفطر المنتشرة داخل جسم النيماتودا المتحلل ، وتصبح الهيفات الداخلية خالية من محتوياتها التى تنتقل إلى هيفات الفطر خارج جسم الفريسة . وذلك يعنى انتقال جميع المواد الغذائية – القابلة للاستفادة بواسطة الفطر المتطفل – إلى هيفاته الخارجية ؛ لمزيد من النمو والتكاثر ، والبحث عن فرائس جديدة .

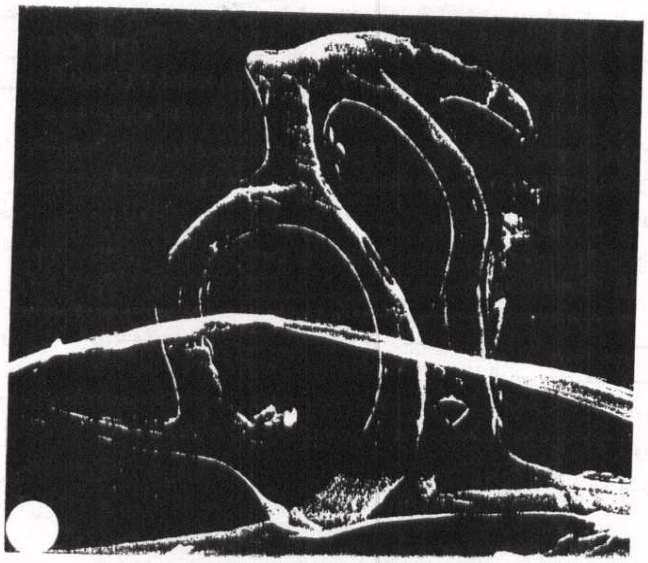
ويكون الفطر جراثيم ساكنة ، تعرف بـ " الجراثيم الكلاميدية chlamydospores "؛ تتكون على طول هيفات الفطر المنتشرة خارج جسم النيماتودا ، بينما تظهر على هيفات الفطر حوامل كونيدية تحمل كونيديات .

وتتكون الحوامل الكونيدية فى الجنس *Arthrobotrys* فى زاوية متعامدة على البيئة التى تنمو عليها هيفاته ، ويحمل الحامل الكونيدى كونيدة واحدة كبيرة الحجم من خليتين على قمته . وفى بعض الأنواع التابعة لهذا الجنس يحمل الحامل مجموعة من الكونيديات فى شكل عنقودى . فعلى سبيل المثال ، يحمل الحامل الكونيدى فى الفطر *A. anchonia* عنقودا واحدا من الكونيديات ، بينما يحمل الحامل الكونيدى فى الفطر *A. oligospora* عديدا من العناقيد الكونيدية (شكل ٨ – ٧) .

وتختلف الكونيديات المتكونة على حوامل الفطريات التابعة للجنس *Arthrobotrys* فى حجمها وعددها ؛ ففى الفطر *A. anchonia* يحمل الحامل الكونيدى كونيدة واحدة أو عددا قليلا من الكونيديات ، بينما يحمل الحامل الكونيدى فى الفطر *A. conoides* أكثر من ٣٠ كونيدة فى كل عنقود .



شكل (٨ - ٨) : الشباك اللاصقة Adhesive nets .
شبكة حلقية الشكل hoop - like net للفطر *Arthrobotrys musiformis* .



شكل (٨ - ٩) : صورة بالميكروسكوب الإليكترونى الماسح SEM للشبكة اللاصقة فى الفطر *A. oligospora* ؛ حيث تظهر المادة اللاصقة تغطى سطح الشبكة .

ولقد جذبت المادة اللاصقة – التى تفرزها شباك هذه الفطريات المتطفلة – اهتمـــام عديد من الباحثين ؛ حيث وجد أنه عند إضافة بعض المياه إلى سطح أملـــس – تمثـل طبقة الماء الرقيقة التى تغطى السطح الخارجى لهيفات الفطر – فإن النيمـــاتودا تظـل ممسوكة بقوة . وهذا يفسر كيفية عمل المواد اللاصقة التى يفرزها الفطر فى القبـــض على ضحاياه من النيماتودا ذات الجليد الرطب .

وفى بعض الأحيان ، يتم اصطياد النيماتودا فى إحدى عيون الشباك الهيفية للفطـــر المتطفل ، وعلى الرغم من أن مساحة تلامس هيفا الفطر مع جليد النيمـــاتودا محـدود للغاية ، إلا أن الفطر يقبض على الفريسة بقوة ؛ بحيث لا تستطيع الهروب من قبضته .

وفى دراسات أخرى ، وجد أن شباك الفطر اللاصقة تتخصص فى اصطياد فرائسها من النيماتودا الحرة دون غيرها من أحياء التربة الحيوانية الدقيقة الأخرى مثل الأميبـــا أو البرتوزوا ، كما لا يتذوق بهذه المصائد الفطرية أية كائنات دقيقة أخـــرى . وربمـــا يدعو ذلك إلى الاعتقاد بوجود تخصص لهذه الأعضاء الفطرية فى اصطياد النيماتودا ، ولكن كيف تميز هذه المصائد الفطريه بين فرائسها ؟ مازال هذا الســؤال دون إجابـــة واضحة حتى الان .

ولقد سجل (Muller (1958 مشاهدات قيمة بالنسبة إلى الشبـــاك اللاصقـــة التـــى يكونها الفطر المتطفل *Arthrobotrys oligospora* ؛ فعادة ما تشاهد النيماتودا تتحرك داخل حلقة هيفية ، ثم تسحب نفسها فجأة من داخلها ؛ متحركة إلى الخلـــف ، وتعـود أدراجها . وبعد ذلك بثانية أو ثانيتين ، تستكمل النيماتـــودا حركتها إلى الأمـــام مـــرة أخرى وفى نفس الاتجاه .

وعندما تلمس النيماتودا الحلقة الهيفية مرة أخرى ، فإنها تمر بجسمها خلال الحلقـــة لمسافة قصيرة ، ثم تعود أدراجها مرة أخرى ، ثم تعاود المحاولة للمرور بجسمها مـــن خلال الحلقة الهيفية دون أن تلمسها . وهـــكذا تتعـــدد محـــاولات النيمـــاتودا للمـــرور بجسمها من خلال الحلقة الهيفية ، دون أن تلمس جدارها الداخلى ، وقد تنجح النيماتودا – بعد عدة محاولات – من المرور خلال الحلقة الهيفية بسرعة وسلام ؛ هاربـــة مـــن شباك الفطر اللاصقة المميتة .

ولقد فسر Muller تردد النيماتودا فى المرور خلال شباك الفطـــر اللاصقـــة بـــأن النيماتودا قد تستطيع الإحـــساس بوجود خطـــر ما يهدد حياتها . كما سجل Drechsler

(1934) مثل هذه المشاهدات أيضاً ؛ حيث لاحظ أن النيماتودا تتحرك بحرية على سطح الاجار الذى تنمو عليه هيفات لفطرياتٍ غير متطفلةٍ عليها . ولكن عندما تنمو على سطح الاجار هيفات لفطريات متطفلة تحمل تراكيب للشباك اللاصقة ، فإن النيماتودا تقف عن الحركة إذا لامست حلقة الشبكة ، وتعود النيماتودا إلى الخلف مبتعدة عن مصدر الخطر . ولقد شبه " Drechsler " هذا السلوك المفاجئ للنيماتودا وابتعادها عن شباك الفطر اللاصقة بنفس السلوك الذى يبديه شخص ما إذا لامست يده سطحاً ساخناً .

وعندما تتعرض مثل هذه النيماتودا – النامية على سطح الاجار – للهلاك بفعل أحد الفطريات المتطفلة المكونة للشباك اللاصقة ، فإن أعداد هذه النيماتودا تقل إلى درجةٍ كبيرةٍ ؛ حتى تكاد جميع النيماتودا أن تباد ، إلا أنه بعد فترةٍ يعود عددها إلى الارتفاع مرةً أخرى تدريجيًا . ويبدو أن الأفراد التى استطاعت البقاء على قيد الحياة – برغم وجود شباك الفطر القاتلة – كانت أكثر قدرةً على الحركة السريعة ، كما أن شباك الفطر قد تكون أصبحت غير فعالةٍ فى القبض على فرائسها من النيماتودا ، مع تقدم هيفات الفطر المتطفل فى العمر ، وهذا ما يحدث – عادةً – فى الطبيعة .

ويستهلك الفطر غذاءه فى تكوين الكونيديات ، التى تعمل على انتشار الفطر وحفظ نوعه . وعندما تسقط هذه الكونيديات من على حواملها على سطح الاجار فإنها قد لا تنبت؛ وذلك لوجود مواد مانعة للإنبات مفرزة من الأحياء الدقيقة المختلفة التى تنمو على سطح البيئة ؛ وهذا يعمل على حفظ توازن نمو الفطر المتطفل على النيماتودا ؛ حيث إن هذه الكونيديات سرعان ما تتحلل وتموت خلال أيام قليلة .

٤ – العقد اللاصقة Adhesive knobs :

أ – العقد اللاصقة فى الفطريات الناقصة :

يتكون هذا النموذج من التراكيب الفطرية الصائدة للنيماتودا من خلية واحدة لاصقة. وقد تكون هذه الخلية اللاصقة جالسة مباشرة على هيفا الفطر ، ولكن مثل هذه الخلايا اللاصقة عادة ما تحمل على فرع قصير عمودى (شكل ٨ – ١٠ – d) .

وتعتبر هذه الطريقة فى اصطياد النيماتودا من الطرق الشائعة فى الفطريات الناقصة Deuteromycetes ، وخاصة فى الأنواع التابعة للجنس *Dactylella* وللجنس

Dactylaria . كما تشاهد هذه العقد اللاصقة فى بعض الفطريات البازيدية ؛ مثل الأنواع التابعة للجنس *Nematoctonus* .

ومن أكثر نماذج العقد اللاصقة شيوعا فى الفطريات الناقصة ، تلك التى تحملها هيفات الفطر المتطفل *Dactylaria candida* . ويكوّن هذا الفطر خلية لاصقة كروية الشكل إلى تحت كروية ، تُحْمَلُ على قمة ساق قصيرةٍ أسطوانية الشكل غير لاصقة ، تتكون – عادةً – من ١ – ٣ خلايا .

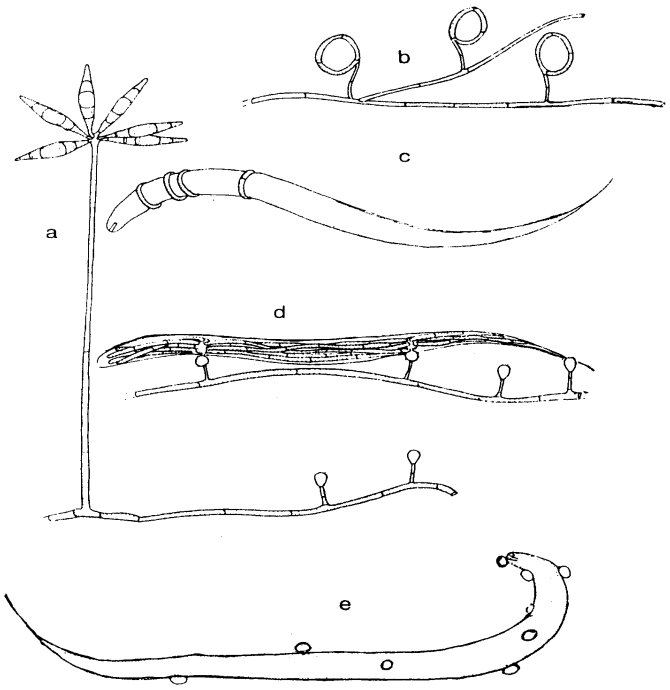
ويتكون على سطح العقدة اللاصقة طبقة رقيقة من مادةٍ لاصقةٍ قويةٍ ، تلتصق بجليد النيماتودا الحرة بمجرد أن تتلامس معها ، فإذا تحركت النيماتودا محاولة الهروب ، التصق بها مزيد من العقد اللاصقة الأخرى . ويلى ذلك اختراق هيفات الفطر لجليد الفريسة ؛ حيث تنمو هذه الهيفات داخل أحشاء النيماتودا ؛ محللة أنسجتها الداخلية .

وتتكون على هيفات بعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا أنواع مختلفة من التراكيب الفطرية الصائدة للنيماتودا . ففى الفطر *Dactylaria candida* تتكون عقد لاصقة وحلقات غير منقبضةٍ non-constricting rings ؛ وذلك بغرض زيادة كفاءة الفطر فى القبض على فرائسه من النيماتودا الحرة السيئة الحظ المتجولة حول هيفاته .

ولقد سجل Drechsler (1937) أن العقد المعنقة stalked knobs فى الفطر *D. candida* نادرة الوجود ، وهى تستخدم فى اصطياد النيماتودا الصغيرة الحجم الضعيفة البنية .

وتعتمد الحلقات غير المنقبضة فى اصطيادها للنيماتودا الكبيرة الحجم على زيادة قطر هذه النيماتودا عن القطر الداخلى للحلقة الفطرية ؛ فإذا مرت النيماتودا بطرفها الأمامى المستدق فإنها تستمر فى المرور حتى ينحشر جسمها فى الحلقة ، وعندما تتنبه هى إلى ذلك ، يكون الوقت قد تأخر كثيرا .

وتحاول النيماتودا الخلاص من هذه المصيدة الفطرية ؛ فتحرك جسمها حركاتٍ انقباضية وانبساطية معتمدةً على قوة عضلاتها ، وقد تنجح فى فصل الحلقة عن الهيفا الفطرية المتصلة بها ، وتنطلق النيماتودا هاربة وحول جسمها حلقة الفطر ، دون أن تفطن إلى أنها تحمل حول جسمها سوارا مميتا وأن نهايتها قد أوشكت .



شكل (٨ - ١٠) : الفطر المتطفل *Dactylaria candida* **، يكون نوعين من المصائد النيماتودية ، وعقدا لاصقة (d) وحلقات غير منقبضة (b) . ويلاحظ أن كلاً من الحلقات (c) والعقد (e) قابلة للنزع من هيفات الفطر ، بينما يحمل الحامل الكونيدى (a) عنقودا من الكونيديات تحمل طرفيًا على قمة الحامل ، والكونيديات مقسمة بعدة جدر عرضية .**

وعلى أية حال ، فإن الفطريات التى تكون عقدا لاصقة وحلقات غير منقبضة ، تكون العقد اللاصقة أعضاء قنص ثانوية ، وغالبا ما تكون غير فعالة فى اصطياد النيماتودا الكبيرة ، التى تقع فريسة سهلة داخل الحلقات غير المنقبضة . وهكذا تتعدد وسائل القنص والفطر واحد .

ولقد لوحظ – فى حالات كثيرة – أن النيماتودا الكبيرة التى تلتصق على العقد اللاصقة فى الفطر *D. candida* تستطيع – عادة – التخلص من قبضة هذه العقد ، إلا أنه فى حالات كثيرة تنفصل هذه العقد اللاصقة عن حاملها القصير ، وتظل ملتصقة بجليد النيماتودا الهاربة ، التى سرعان ما تبتعد عن هيفات الفطر المتطفل بما تحمله على جسمها من أثار المعركة .

ولا يعتبر هروب النيماتودا بما تحمله من عقد لاصقة على جليدها نهاية الأحداث، بل هى – فى الحقيقة – بدايتها . فقد يعلق بجسم النيماتودا أكثر من ٢٠ عقدة لاصقة؛ حيث تبدأ كل عقدة فى تكوين وتد عدوي infection peg ينمو مخترقا جليد النيماتودا. ويكون الفطر هيفات تحت جليدية يتكون منها هيفات عدوى infection hyphae تغزو الأحشاء الداخلية للضحية الهاربة .

ولقد شوهد مثل هذا السلوك الفطرى العدوانى فى فطريات أخرى متطفلة مثل الفطر *Dactylaria haptotyla* (Drechsler, 1950) . ويتميز هذا الفطر بأنه لايكون أية حلقات ، ولكنه يعتمد كلية على العقد اللاصقة فى اصطياد ضحاياه من النيماتودا الحرة المتجولة حوله فى التربة ، وعلى المواد العضوية المتحللة .

ولا تنفصل العقد اللاصقة فى هذا الفطر عن حواملها القصيرة؛ مما يجعل الفرائس النيماتودية التى تلتصق بها هذه العقد مرتبطة – بقوة – بهيفات الفطر ، وتفشل فى الهرب . وقد تشاهد مثل هذه الضحايا من النيماتودا التى تم اصطيادها بهذا الفطر وهى تحمل على جسمها عقدا لاصقة منفصلة لفطريات أخرى ؛ مما يدل على سابق تعرض هذه النيماتودا للعدوى بفطريات متطفلة وهروبها .

ويمكن للنيماتودا الهاربة أن تتجول لفترة وجيزة حاملة العقد اللاصقة المنفصلة عن حواملها على جليدها ، قبل أن تبدأ هذه العقد فى تكوين وتد العدوى الذى يخترق جليد الفريسة ؛ مكونا هيفات العدوى التى تنمو داخل أحشائها الداخلية مدمرة أنسجتها ويؤدى تجول النيماتودا الهاربة – بما تحمله من عقد لاصقة – إلى نشر الفطر

الممرض إلى مناطق أخرى بعيدة ، قد تكون أكثر ملاءمة لنموه، وأكثر وفرة فى أعداد النيماتودا التى يفترسها الفطر المتطفل الذى يسعى للبحث عن مزيد من الضحايا .

ومما يميز الفطريات المتطفلة على النيماتودا التابعة لطائفة الفطريات الناقصة، أنه – بعد اختراق الجليد بواسطة وتد العدوى – تتكون مثانة عدوى infection bulb تملأ الفراغ الداخلى لجسم العائل النيماتودى . الا أنه من الصعوبة بمكان العثور على هذا التركيب الفطرى داخل جسم النيماتودا المصابة ، بعكس الحال فى حالة العقد اللاصقة ؛ حيث يمكن مشاهدة مثانة العدوى فى جسم النيماتودا المصابة فى الجهة المقابلة للعقدة اللاصقة . ومن هذه المثانة تنمو هيفات الفطر المتطفل بطول جسم النيماتودا المصابة محللة أحشاءها .

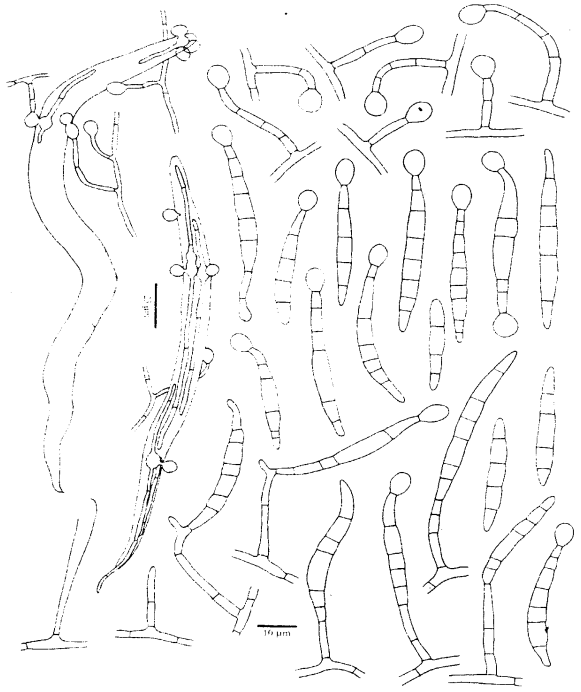
ومن الأبحاث الحديثة التى تعرضت لهذه الفطريات المتطفلة المكونة للعقد اللاصقة ، ما نشره Liou et al (1995) عن الفطر *Dactylella formosana* الذى يكون عقدا لاصقة تتكون على أعناق جانبية تتفرع من هيفات الفطر ، كما يكون هذا الفطر عقداً لاصقة على كونيدياته (شكل ٨ – ١١) .

ب – العقد اللاصقة فى الفطريات البازيدية :

تتميز الفطريات البازيدية Basidiomycetes بوجود تراكيب مميزة على هيفاتها ، هى الروابط الكلابية clamp connections (شكل ٨ – ١٢) . هذه الكلابات clamps تدل على أن الهيفا ثنائية الأنوية .

ولقد فحصت عديد من الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا ، كانت تتميز بوجود مثل هذه الروابط الكلابية ، وعلى الرغم من عدم وجود أطوار كاملة لهذه الفطريات ، فإنها اعتبرت تابعة للفطريات البازيدية . وعلى سبيل المثال وجد Drechsler (1941) نوعين من الفطريات الناقصة يتبعان الجنس *Nematoctonus* ، ويتميزان بوجود روابط كلابية على هيفاتها .

وليست جميع الأنواع التابعة للجنس *Nematoctonus* متطفلة خارجيا على النيماتودا، بل إن بعضها يتطفل داخليا عليها. وتتميز الأنواع الفطرية المتطفلة خارجيا على النيماتودا بتكوين عقد لاصقة adhesive knobs ؛ تتكون مباشرة على هيفات الفطر (شكل ٨ – ١٢ – d) ، أو قد تتكون طرفيا فى نهاية الهيفا ، أو على فرع قصير يظهر عموديا على البيئة التى تنمو عليها هيفات الفطر .



شكل (٨ – ١١) : الحوامل الكونيدية والكونيديات والتراكيب التى تصطاد النيماتودا للفطر *Dactylella formosana* . لاحظ العقد اللاصقة التى تتكون على ساق قصير أو تلك المتكونة على الطرف الحر للكونيديات المحمولة على حوامل ، أو على طرفى بعض الكونيديات الحرة .

(عن Liou et al, 1995)

وفى الأنواع التابعة لهذا الجنس – ذات التطفل الداخلى – لا يتم تكوين العقد اللاصقة على هيفات الفطر ، ولكنها تتكون على طرف أنابيب إنبات جراثيم الفطر التى تهاجم جليد النيماتودا وتلتصق بها ؛ مثال ذلك الفطر *N. leiosporus* (شكل ٨ – ١٢ – b).

ويختلف شكل التراكيب الفطرية اللاصقة التى تكونها الأنواع التابعة للجنس *Nematoctonus* ؛ فقد تتكون من خلايا مفردة ذات شكل يشبه زجاجة الساعة (شكل ٨ – ١٢ – d) ، وعند نضج هذه الخلايا تحاط بمادة غروية لزجة تأخذ الشكل الكروى .

وتتشابه الأنواع الفطرية الخارجية التطفل – التابعة للجنس *Nematoctonus* – فى طريقة إصابتها لفرائسها من النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة – مع طريقة إصابة الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Dactylaria* ، فيما عدا أن العقد اللاصقة تكون – عادة – قوية التثبت بهيفا الفطر ولا تنفصل عنه ؛ كما هى الحال فى الفطر *D. candida* . إلا أنه – فى بعض الحالات – قد تنفصل العقد اللاصقة المتكونة على هيفات الفطريات التابعة للجنس *Nematoctonus* ؛ وذلك نتيجة التفاف الفريسة حول نفسها ؛ مما يعمل على تمزق الهيفا الحاملة للعقدة اللاصقة .

ومن ناحية أخرى تختلف الأنواع المتطفلة خارجيا على النيماتودا والتابعة للجنس *Nematoctonus* فى طبيعة المواد اللاصقة ؛ فهى تنتج كميات كبيرة من المواد اللاصقة ، أكثر من تلك التى تفرزها الفطريات الناقصة . ويلاحظ أن المادة اللاصقة التى تتكون فى الجنس *Nematoctonus* تكون ذات طبيعة غروية ، وتعمل على لصق العقد اللاصقة بجليد النيماتودا بدرجة قوية تعرقل حركة الفريسة وتعوقها عن الفرار .

وقد تؤدى شدة التصاق العقد اللاصقة بجليد النيماتودا إلى نجاحها فى الهروب منسلخة من جليدها الملتصق بهيفات الفطر ؛ لذلك نشاهد – فى كثير من الأحيان – جليد انسلاخ النيماتودا مغطى بعديد من العقد اللاصقة .

وتتكون العقد اللاصقة – عادة – فى الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Nematoctonus* على هيفات الفطر النامية على سطح التربة أو المادة العضوية ، سواء محمولة مباشرة على هذه الهيفات ، أم محمولة على فروع جانبية قائمة ؛ بحيث تكون مرتفعة قليلا فوق سطح البيئة . ويمكن مشاهدة هذه العقد اللاصقة باستعمال قوة تكبير بسيطة بالمجهر ؛ حيث تظهر على شكل كرات داكنة متلألئة .

وتلتصق هذه العقد اللاصقة بجليد فريستها من النيماتودا ، ثم تخترق الجليد عن طريق وتد العدوى ؛ حيث تنمو هيفات الفطر على طول جسم الفريسة مخترقة أحشاءها الداخلية . ويلاحظ أن هيفات هذا الفطر تحمل روابط كلابية ، كما أنه لا يكون مثانة عدوى infection bulb بعد اختراق وتد العدوى لجليد الفريسة ، بعكس الحال في الفطريات المتطفلة خارجيا التابعة لطائفة الفطريات الناقصة .

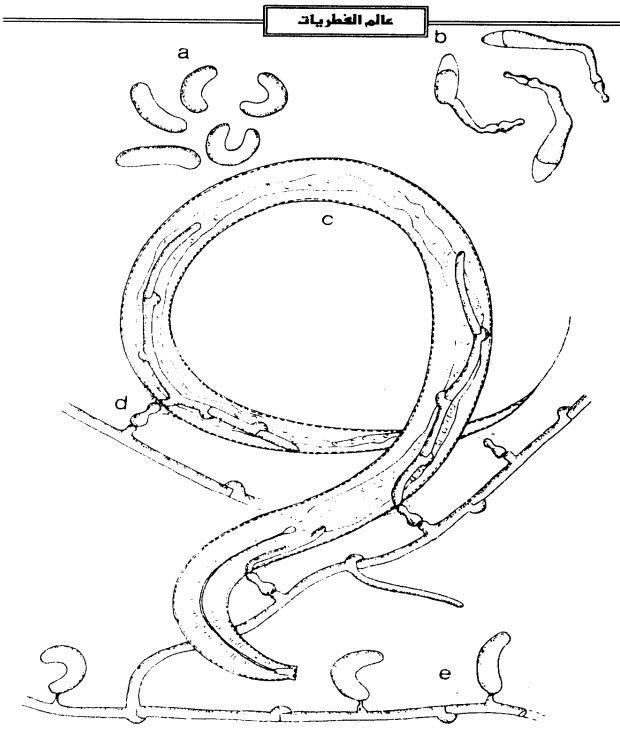
وتكون الفطريات التابعة للجنس *Nematoctonus* كونيديات فردية محمولة على نتوءات قصيرة تظهر على طول هيفات الفطر النامية على البيئة . وتأخذ هذه الكونيديات شكل السجق sousage - shaped (شكل ٨ – ١٢ – e). ويتكون على كل كونيدة عقدة لاصقة على طرفها ، تلتصق بالنيماتودا الحرة التي تتلامس معها وتصيبها.

وبالإضافة إلى الكونيديات ، يكون الفطر جراثيم ساكنة بيضية الشكل تتكون بنفس طريقة تكوين الكونيديات ، إلا أنها سميكة الجدار وذات سطح شوكي . وتعتبر هذه الجراثيم أطوارا ساكنة تساعد على بقاء الفطر حيا خلال الظروف غير المناسبة .

ولما كانت الأنواع التابعة للجنس *Nematoctonus* لا تكون أطوارا جنسية (جراثيم بازيدية) ، فإن هذه الأنواع تصنف كفطريات ناقصة Deuteromycetes ، على الرغم من وجود الروابط الكلابية على هيفاتها .

لقد اكتشف مؤخرا الطور الكامل (البازيدي) لبعض الأنواع التابعة للجنس السابق ، وهي عبارة عن أجسام ثمرية بازيدية غير تامة التكوين . وفي بعض الحالات أمكن حث هذه الأجسام الثمرية على استكمال نموها ؛ حيث تكونت أجسام ثمرية لفطريات عيش الغراب تتبع الجنس *Hohenbuehelia* ؛ وهو أحد الفطريات التابعة لرتبة الأجاريكالات Agaricales .

وتتميز الأجسام الثمرية المتكونة في الحالة السابقة بأن خياشيمها مشوهة ، وتحمل عددا قليلا من الجراثيم البازيدية . وعلى الرغم من ذلك تتكون هذه الجراثيم وتنضج ، ثم تنطلق وتسقط على سطح التربة . وتنبت الجراثيم البازيدية ، فإذا وجدت نيماتودا حولها ، تكونت عليها خلايا لاصقة تهاجم النيماتودا وتتطفل عليها .



شكل (٨ - ١٢) : العقد اللاصقة Adhesive knobs فى الجنس *Nematoctonus*

a = كونيديات .

b = كونيديات نابتة تحمل عقدا لاصقة على طرف أنبوب الإنبات .

c = نيماتودا واقعة فى أسر عقد لاصقة محمولة على هيفات الفطر ذات الروابط الكلابية .

d = عقد لاصقة ذات شكل يشبه زجاجة الساعة .

e = كونيديات محمولة على هيفات الفطر ذات الروابط الكلابية .

ويبلغ حجم الجسم الثمرى للفطر البازيدى *Hohenbuehelia* حوالى سنتيمترين ؛ وذلك عند نموه على بيئة الأجار ، بينما قد يصل إلى أحجام أكبر من ذلك عند نموه فى الطبيعة ؛ ويرجع ذلك إلى أن إلى تكوين مثل هذه الأجسام الثمرية الكبيرة تحتاج إلى كميةٍ وافرةٍ من الغذاء .

ولقد وجد أن الأنواع التابعة للطور الناقص لهذا الفطر – والتى تتبع الجنس *Nematoctonus* – تستطيع اصطياد أعدادٍ كبيرةٍ من النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة عن طريق مصائدها الهيفية ، ولكننا لا يمكن أن نتصور أن تكون هذه النيماتودا هى المصدر الغذائى الوحيد لهذا الفطر ، سواء لنموه ، أم لتكوين أجسامه الثمرية الكبيرة الحجم . ولكن – على أية حالٍ – يمكن اعتبار النيماتودا أحد مصادر تغذية الفطر ، وخاصة المصدر النتروجينى ، بينما يعتمد الفطر على تحليل المواد العضوية الأخرى المتوفرة فى التربة – كالسيليلوز ، واللجنين – كمصدر أساسىٍ للطاقة .

وفى الآونة الأخيرة ، تم اكتشاف أنواع عديدةٍ من الطور البازيدى *Hohenbuehelia* فى التربة ، وعلى الأخشاب المتعفنة ، والمخلفات العضوية المتحللة، وغير ذلك . ولقد لوحظ أن مثل هذه المواد تكون غنية فى نشاطها الميكروبى ، حيث يكون النتروجين عاملاً محدداً للنمو ، ويتنافس عليه جميع الكائنات الحية الدقيقة . وفى هذه الحالة تلعب قدرة هيفات الفطر على اصطياد النيماتودا والتطفل عليها دوراً كبيراً فى تغذيته ؛ حيث تكون هذه النيماتودا مصدراً جيداً للنتروجين ، وخاصة عندما يتوفر للفطر كفايته من الكربوهيدرات .

وبناءً على ما سبق ، تعتبر قدرة الفطريات المتطفلة على النيماتودا على تحليل فرائسها إنزيميًّا ، وامتصاص محتوياتها كمصدر نتروجينى ، هى العامل المحدد للاستفادة من المصادر الكربونية الموجودة فى التربة كالسليلوز و / أو اللجنين ، خاصة فى الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Nematoctonus* .

وعلى الرغم من ذلك ، فإننا يجب ألا نغفل أن هناك عديداً من الفطريات الأخرى المتطفلة على النيماتودا الرمحية ، والتى تتطفل بدورها على فطريات التربة ؛ ومن المحتمل أن تكون العقد اللاصقة التى يكونها الفطر البازيدى *Hohenbuehelia* هى إحدى الوسائل الدفاعية التى يبديها الفطر لصد هجوم هذه النيماتودا المتغذية على هيفاته .

٥ – الحلقات غير المنقبضة Non-constricting rings :

تتكون هذه الحلقات على فروع جانبية ، تظهر عمودية على هيفات الفطر المقسمة فى بعض الفطريات الناقصة المتطفلة خارجيًا على النيماتودا الحرة . وتتكون الفروع الجانبية فى أول الأمر من نموات أسطوانية ، تنمو بعد ذلك منحنية حول نفسها فى مسار دائرى حتى تتلامس قمتها مع قاعدة الفرع . وتتحد خلية القمة مع الخلية القاعدية ؛ مكونة حلقة ذات ثلاث خلايا محمولة على ساق أسطوانية قصيرة .

ويظهر انتفاخ بسيط فوق منطقة اتصال خلية القمة بالخلية القاعدية مع الحامل القصير . وتعتبر هذه المنطقة ضعيفة ، وسرعان ما تتحلل عند استكمال نمو الحلقة .

وتعتبر الحلقات غير المنقبضة سلبية فى أدائها ؛ فهى تراكيب فطرية ثابتة يمكن للنيماتودا الحرة المتجولة أن تدخل بجسمها جزئيًا خلالها ، ثم تنسحب منها مرة أخرى دون أن تصاب بأذى ، بل تستطيع النيماتودا الصغيرة الحجم المرور بجسمها عبر الحلقة بسلام .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن بعض النيماتودا تدخل بجسمها من خلال حلقة الفطر ، فإذا رغبت الانسحاب منها بسرعة ، التفت الحلقة حول جسمها ؛ مما يصعب خروج النيماتودا من الحلقة . وقد تعمل الحركات العضلية الانفعالية للنيماتودا فى محاولاتها المستميتة للخروج من حلقة الفطر إلى زيادة صعوبة الموقف ، وإلى تثبيت إحكام الحلقا حول جسم الفريسة . وقد تؤدى محاولات النيماتودا للتخلص من الحلقة إلى انفصال الحلقة عن حاملها عند المنطقة الضعيفة التى سبقت الإشارة إليها .

وفى مثل الحالات السابقة ، تهرب النيماتودا حاملة حلقة الفطر حول جسمها ؛ حيث تبدو تحت المجهر مثل منْ يحمل حول جسمه طوقا للنجاة ، ولكنه – فى الواقع – طوق للهلاك ، إلا أن النيماتودا الغافلة لا تدرك ذلك .

وتستمر النيماتودا فى حياتها الطبيعية لفترة ، حاملة حلقة الفطر حول جسمها ، ولا يؤدى وجود هذه الحلقة إلى أية إعاقة لحركتها ، بل قد تحمل بعض النيماتودا عدة حلقات حول جسمها ؛ دليلا على تعرضها لمثل هذه المواقف الصعبة السابقة ، مع نجاحها فى الهروب المؤقت .

وتعتبر حلقات الفطر أعضاء عدوى ، يظهر منها وتد هيفى دقيق يخترق جليد النيماتودا . وتهاجم هيفاتُ الفطر المتكونة الأحشاء الداخلية للنيماتودا ، وتحلل أنسجتها، وتتغذى عليها . كما تؤدى حركة النيماتودا – حاملة معها حلقات الفطر – إلى انتشار الفطر المتطفل إلى أماكن أخرى ، سعيا وراء ضحايا جددٍ من النيماتودا الحرة .

ومن الفطريات المكونة للحلقات غير المنقبضة الفطر *Dactylaria candida* و *D. lysipaga* ؛ حيث تكوّن هذه الفطريات – أيضا – عقدا لاصقة على هيفاتها. وقد تشاهد العقد اللاصقة متبادلة فى وجودها مع الحلقات غير المنقبضة على نفس هيفات الفطر ، مما يزيد من قدرته على اصطياد النيماتودا .

ويعتبر الفطر *Dactylaria candida* من أكثر الفطريات الشائعة فى تكوين مثل هذه الحلقات غير المنقبضة والعقد اللاصقة ؛ حيث يكوّن هذا الفطر – وغيره من الفطريات الأخرى المكونة لمصائد مشابهةٍ – جراثيم كونيدية محمولة على حوامل كونيديةٍ طويلةٍ . ويحمل الحامل الكونيدى فى الفطر *Dactylaria candida* كونيدياتٍ ذات شكلٍ مغزلىٍّ متجمعة فى شكلٍ عنقودىٍّ على قمة الحامل (شكل ٨ – ٧ – f) .

وتنبت كونيديات هذا الفطر – عادةً – فى وجود النيماتودا ، مكونة عقدةً لاصقة فى قمتها ، أو فى قمة وقاعدة الكونيدة (شكل ٨ – ١١) ؛ كما هى الحال فى الفطر *Dactylella formosana* (Liou et al , 1995) . وقد تتكون هذه العقد اللاصقة على الكونيديات خلال وجودها على حواملها ، كما هى الحال فى الفطر *D. haptospora* .

وتعمل هذه العقد اللاصقة – المتكونة على كونيديات الفطريات السابقة – على تعلقها بالنيماتودا الحرة المتجولة عندما يتلامس جسمها مع هذه الكونيديات . وتحمل النيماتودا هذه التراكيب الفطرية الممرضة ملتصقة بجليدها ، متحركة بها إلى مناطق أخرى جديدةٍ قبل أن تصاب بالفطر الممرض . ويعتبر ذلك إحدى الوسائل التى يعتمد عليها الفطر المتطفل فى الانتشار .

٦ – الحلقات المنقبضة Constricting rings :

تختلف الحلقات المنقبضة عن تلك غير المنقبضة فى آلية الاقتناص ؛ فعندما تدخل النيماتودا بجسمها داخل الحلقة المنقبضة الثلاثية الخلايا ، فإن هذه الخلايا تتمدد بسرعةٍ

عند جدرها الداخلية ؛ مما يقلل من المساحة الداخلية للحلقة ، فتنقبض الحلقة حول جسم الفريسة بسرعة ، وتقبض عليها بقوة .

وتوجد هذه الحلقات المنقبضة فى الفطريات الناقصة فقط ، شأنها فى ذلك شأن الحلقات غير المنقبضة . ومن أهم الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة – التى تتميز بوجود هذه الحلقات المنقبضة – الفطر *Arthrobotrys anchonia* ، والفطر *Dactylaria brochopaga* .

وتتكون الحلقات المنقبضة بنفس طريقة تكوين الحلقات غير المنقبضة ، إلا أن الحامل يكون أقصر طولا وأكثر قوة فى الحلقات المنقبضة . ويبلغ القطر الخارجى للحلقة المنقبضة حوالى ٣٠ ميكرونا ، بينما القطر الداخلى حوالى ٢٠ ميكرونا .

وعندما تدخل واحدة من النيماتودا الحرة المتجولة بجسمها إلى داخل الحلقة ، تنتبه خلايا الحلقة ، وتنتفخ الخلايا الثلاث المكونة لها بسرعة خاطفة وفى نفس الوقت ، قابضة على جسم الفريسة بصورة محكمة ؛ بحيث لا تعطيها أية فرصة للهرب .

وتنتفخ الخلايا المكونة للحلقة عند جدرها الداخلية المرنة ؛ حيث يقل القطر الداخلى للحلقة ، بينما يظل القطر الخارجى للحلقة دون أى تغير يذكر . ويحتاج الفطر إلى فترة قصيرة للغاية من وقت تنبهه بوجود الفريسة داخل الحلقة حتى انتفاخ الخلايا . وتبلغ هذه الفترة الزمنية حوالى ٠,١ ثانية ، تصل خلالها خلايا الحلقة إلى أقصى انتفاخ لها .

وفى بعض التجارب المعملية ، أمكن حث الحلقات المنقبضة على الانقباض دون وجود فرائس نيماتودية ؛ حيث شوهدت خلايا الحلقة الثلاث منتفخة ؛ بحيث تقابلت جدرها الداخلية فى مركز الحلقة ، تاركة فتحة ضئيلة بينها شكل (٨ – ١٣) .

وقد تتمزق الحلقة المنقبضة نتيجة قوة ضغطها على جسم الفريسة ؛ مما يؤدى إلى هروبها وهى تحمل خلايا الحلقة الممزقة حول جسمها . وقد تعتقد النيماتودا الهاربة أنها قد نجت من قبضة هذا الفطر المفترس ، إلا أنها – فى الحقيقة – مخطئة تماما فى ذلك ؛ حيث تحتفظ بعض خلايا الحلقة بحيويتها ، وتكون وتدا للعدوى يتكون من هيفا دقيقة تخترق جليد النيماتودا ، ثم تنمو هيفات الفطر داخل جسم النيماتودا محللة أحشاءها الداخلية .

وتسلك النيماتودا فى حركتها بحثا عن الغذاء أسلوبا متميزا ؛ فهى تندفع بجسمها إلى الأمام مستعينة بعضلات جسمها ، دافعة منطقة الرأس المستدقة الى الأمـــام . ويمكـــن للنيماتودا التوقف المفاجئ والرجوع إلى الخلف ، وهذا السلوك يظهر واضحـــا عندمـــا تقابل هذه النيماتودا حلقات الفطر المنقبضة خلال تجوالها .

وقد تندفع النيماتودا فى حركتها للأمام بحيث تمر بجسمها من خلال الحلقة ؛ حتـــى يصل قطر جسمها إلى مقاس أكبر من القطر الداخلى للحلقة ؛ فيحتك جليدها بالســـطح الداخلى لخلايا الحلقة ؛ فيتنبه الفطر لوجود الفريسة ؛ حيث تنقبض خلايا الحلقة بسرعة خاطفة قابضة على فريستها . وليس من الضرورى أن يكون قطر جســـم النيماتـــودا أكبر من القطر الداخلى للحلقة ، بل يكفى أن يتلامس الجدار الداخلى لإحـــدى خلايـــا الحلقة بجزء من جسم النيماتـــودا ؛ حتى تنتفخ جميع خلايا الحلقة على الفور ؛ وبذلـــك قد تشاهد مثل هذه الحلقات قابضة على أطراف جسم النيماتودا المستدقة عنـــد منطقـــة الرأس أو الذيل .

ولا يؤدى تلامس الجدر الخارجية للحلقة بواسطة جسم النيماتودا إلى إحداث تنبيـــه للفطر لإغلاق الحلقة . كما تلعب بعض الظروف الخارجية دورا مؤثـــرا فـــى الزمـــن اللازم لانتفاخ خلايا الحلقة . ففى بعض الحالات يستلزم الأمـــر مرور وقـــت طويـــل نسبيا على احتكاك جسم النيماتودا بالجدار الداخلى لخلايا الحلقة وانتفاخ الخلايـــا ، قـــد يصل إلى ثانية واحدة أو ثانيتين ، وربما يكون ذلك الوقت كافيا للسماح لبعض النيماتودا بالانسحاب من الحلقة الفطرية قبل انتفاخ الخلايا وإغلاق الحلقة . ويتوقف مدى نجـــاح الفطر المتطفل فى اصطياد فرائسه من النيماتودا على ســـرعة اســـتجابته ، وإغلاقـــه للمصيدة الفطرية قبل هروب الفريسة منها .

وعلى الرغم من الآلية المعقدة لانقباض حلقات الفطر الصـــائدة للنيمـــاتودا ، فـــإن الصدفة قد تلعب دورا كبيرا فى اصطياد الفرائس . ففى الوقت الذى تتواجد فيه عديـــد من الحلقات المنقبضة على هيفات الفطر المتطفل ، وتوفر أعدادا كبيرة من النيمـــاتودا الحرة التى تتجول حول هيفات الفطر وما تحمله من حلقات ، فإن نسبة ما يتم اصطياده من الفرائس يعتبر قليلا نسبيا .

ويلعب حجم النيماتودا دورا رئيسيا فى اصطيادها خلال الحلقات المنقبضة ؛ فعلـــى سبيل المثال تنجح النيماتودا الصغيرة – عادة – فى المرور خلال فتحة الحلقـــة ، دون

أن تتلامس مع الجدار الداخلى للخلايا ؛ وبذلك تكتب لها النجاة مؤقتـــا ؛ حتـــى يشتـــد عودها ، وتصبح فى المستقبل فرائس جيدة للفطر المتطفل .

أما النيماتودا الكبيرة الحجم ، فإنها تحتك – عادة – بجسمها السميك بالجدر الداخلية لحلقة الفطر المنقبضة خلال مرورها ؛ فيتنبه الفطر ويقبض على فريســـته . ويتوقـــف مصير النيماتودا المتوسطة الحجم على مهارتها فى المـــرور خـــلال الحلقـــة دون أن يتلامس جسمها مع الجدر الداخلية للخلايا ، فإذا لامست أحد الجدر الداخلية انقبضـــت الحلقة على جسمها فجأة ، وتقع هذه النيماتـــودا ضحية قلة خبرتـــها ، حيـــث يكـــون خطؤها الأول – فى هذه الحالة – هو الأخير .

٧ – آلية فعل الحلقة Ring mechanism :

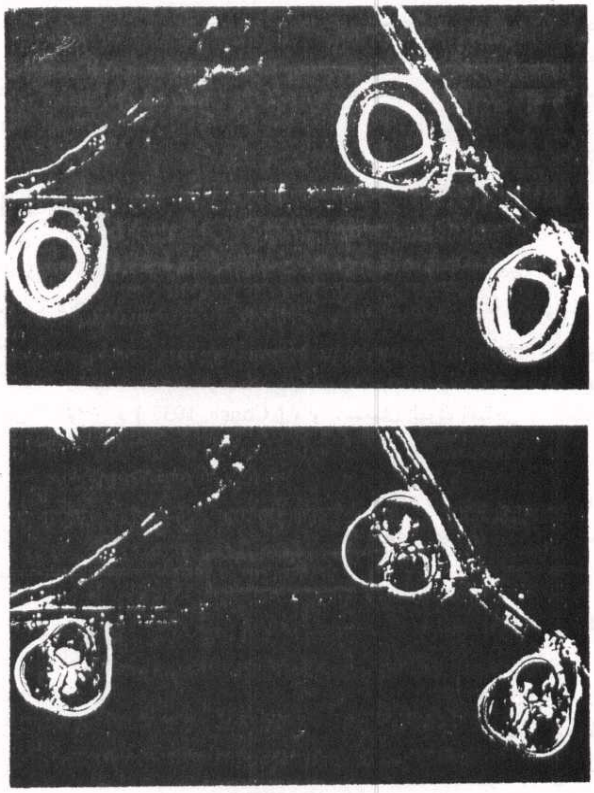
اهتم كثير من الباحثين بآلية إغلاق الحلقات المنضغطة التى تكونها مجموعة كبـــيرة من الفطريات الناقصة المتطفلة خارجيًا على النيماتـــودا الحرة المتجولة فـــى التربـــة وعلى المواد العضوية المتحللة . وقد استطاع بعض الباحثين تنبيه الحلقـــات الفطريـــة صناعيًا حتى تنقبض ، سواء عن طريق تعريضها للمعاملة بالماء الساخن عند حـــرارة تتراوح بين ٣٣ و ٧٥°م (Couch, 1937) ، أو باستعمال الهواء الساخن أو الأجســـام الساخنة مثل مشرط ساخن (Muller, 1958) .

وفى دراسة أخرى استطاع الباحثان Commandon & de Fonbrune (1939) إحداث تنبيه لإغلاق الحلقات المنضغطة للفطر *Dactylaria brochopaga* عن طريق الحث الميكانيكى للجدر الداخلية لخلايا الحلقة باستعمال إبرة زجاجية دقيقة .

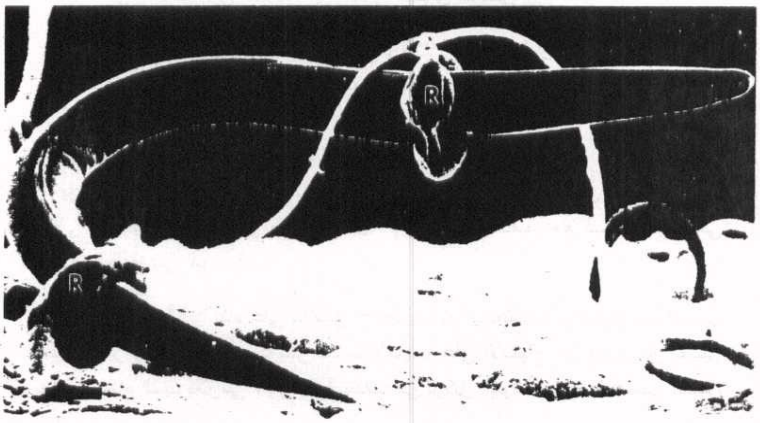
ولقد اختبر بعض الباحثين تنبيه إغلاق الحلقات عن طريق الحث الكيميائى ، ولكـــن هذه المحاولات لم يكتب لها النجاح . إلا أن هذه الأبحاث أوضحت إمكانية التحكم فـــى سرعة انتفاخ خلايا الحلقة و إغلاقها ؛ حيث استطاع (Muller (1958 أن يجعـــل رد فعل إغلاق الحلقات المنقبضة أبطأ ١٠٠ مرة ؛ عن طريق غمر هيفات الفطر الحاملـــة للحلقات فى محلول سكرى ، ثم حث هذه الحلقات بالحرارة . وعند تخفيف المحلـــول السكرى بإضافة الماء ، انتفخت خلايا الحلقة تدريجيا ثم انقبضت .

وعند الفحص الميكروسكوبى لخلايا الحلقة خلال الانقباض ، لوحظ وجود فقاعـــات عديدة داخل كل خلية ، ازدادت مع الوقت ، ثم تكونت فقاعة واحدة كبيرة الحجم عملت

على زيادة حجم الخلايا إلى ثلاثة أضعاف حجمها الأصلى وإغلاق الحلقة . وعند قياس الضغط الأسموزى لخلايا الحلقة ، اتضح أنه لم يتغير فى الخلايا المنتفخة عنه قبل انتفاخها .



شكل (٨ - ١٣) : الحلقات المنقبضة constricting rings . الصورة العليا : حلقات فى حالتها العادية . الصورة السفلى : حلقات انتفخت خلاياها نتيجة المعاملة بالحرارة .



شكل (٨ - ١٤) : صورة بالميكروسكوب الإليكترونى الماسح (SEM) توضح نيماتودا تم اصطيادها بواسطة حلقة منقبضة (R) متكونة على هيفا فطر متطفل .

وقد تفسر ظاهرة انتفاخ الخلايا وانقباض الحلقة بسبب إعادة توزيع الماء والمواد الغروية فى خلايا الحلقة ، حيث وجد (Couch (1937 أن الماء المضاف يتم تشربه فى خلايا الحلقة بسرعةٍ فائقةٍ ؛ فمثلاً يمكن لهذه الخلايا أن تمتص ١٨ ألف ميكروميتر من الماء خلال ٠,١ ثانية ؛ وقد يرجع ذلك إلى التغير فى نفاذية الغشاء السيتوبلازمى لخلايا الحلقة .

وتبعاً للرأى السابق ، فإن حث الجدار الداخلى لخلايا الحلقة ، يتبعه نقص فورى لضغط الجدار الخلوى وزيادة سريعة فى نفاذية الغشاء السيتوبلازمى فى هذه المنطقة . ويعمل هذا التنبيه على زيادة المواد النشطة اسموزيًا فى الخلية ؛ نتيجة التحليل المائى للجزيئات الكبيرة التى تساعد على استمرار تدفق الماء إلى داخل الخلية ؛ حيث يزداد الضغط الأسموزى إلى حوالى ٠,٦ مول .

وخلال مرحلة الانتفاخ السريعة ، يقل سمك الجدر الداخلية لخلايا الحلقة نتيجة تمددها ؛ ويعتقد أن ذلك يرجع إلى ارتخاء الألياف الدقيقة المكونة للجدار . ولقد أظهر

الفحص بالميكروسكوب الإليكترونى الماسح SEM أن هناك خطا واضحا يميز المنطقة المتمددة عن المنطقة غير المتمددة فى الجدار الخلوى الداخلى .

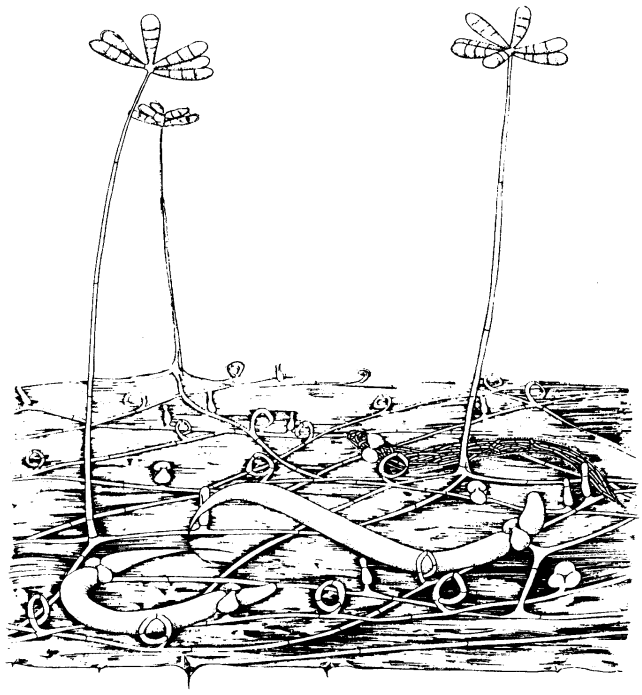
وهناك نظرية أخرى بديلة ؛ حيث يقترح (1958) Muller أن الضغط الاسموزى البطئ الفاعلية ؛ حيث إن الخلية لا تستطيع التمدد بالاعتماد على ضغطها الأسموزى ؛ الذى ينخفض من مستوى التعادل عند ٠,٦ مول سكروز إلى مستوى ٠,٢ مول بعد امتصاصها للماء . وتستعيد خلية الحلقة ضغطها الأسموزى الأولى بعد تمددها عن طريق التحلل المائى البطئ للمركبات المعقدة الموجودة بداخلها و/أو عن طريق النقل البطئ نسبيا للمواد الذائبة من خلايا الحامل . وهذا كله لا يتناسب مع السرعة الفائقة فى انغلاق الحلقة على الفريسة .

ويقترح Muller – بناء على ما سبق – نظرية أخرى تعتمد على فسيولوجية أقل تعقيدا وأسرع حدوثا ، تعتمد على حث الخلية على الانتفاخ عن طريق تغير نفاذية الغشاء السيتوبلازمى ، وزيادة استثنائية فى تركيز المواد المذابة فى نفس الوقت .

ولقد درس Rudek (1975) آلية فعل الحلقة المنقبضة فى الفطر *D. brochopage* ، واستعمل فى ذلك ماصة باستير Pasteur pipette ؛ وهى ماصة زجاجية دقيقة مجهزة بفقاعة مطاطية كبيرة ؛ حيث وضعت فوهة هذه الماصة على بعد ١ – ٢ سنتيمتر من النمو الفطرى الذى تحمل هيفاته هذه الحلقات .

وعند نفخ الهواء على حلقات الفطر ، كانت الاستجابة بطيئة ومحدودة؛ حيث انتفخت الخلية الوسطى فقط للحلقة بعد مرور حوالى ٥ ثوان على الحث . ولقد فسر Rudek ذلك على أساس وجود الحلقات فى وسط جاف، وأن الماء المتاح لزيادة حجم الخلايا لم يكن كافيا ، وأن مصدره فى هذه الحالة هو حامل الحلقة القصير المتصل بهيفا الفطر .

وعلى العكس من ذلك ، إذا ارتفعت رطوبة الوسط الذى توجد فيه حلقات الفطر ، فإنها تجد احتياجاتها الكافية منه ؛ حيث تتشرب الخلايا كميات هائلة تكفى للانتفاخ الكامل ؛ مما يغلق الحلقة المنقبضة إغلاقا كاملا ؛ سواء عن طريق تغير نفاذية الغشاء السيتوبلازمى (نظرية Muller, 1958) ، أو عن طريق التشرب (نظرية Couch, 1937) .



شكل (٨ – ١٥) : الحلقات المنقبضة constructing rings . رسم يوضح الفطر *Dactylaria* sp. يصطاد النيماتودا *Rhabditis* على سطح الأجار .

ومما سبق يتضح أن الماء المتاح حول هيفات الفطر – وما تحمله من حلقات منقبضة – هو العامل المحدد لكفاءة عمل الأنشوطة الفطرية . وحيث إن النيماتودا تتحرك فى طبقة رقيقة من الماء ، فإن جسمها يكون – غالبا – رطبا . فإذا تحركت النيماتودا إلى داخل الحلقة الفطرية، فإن طبقة الماء التى تغطى جسمها من الخارج سوف تتيح كمية كافية من الماء لخلايا الحلقة ؛ التى تمتصه بسرعة من خلال الجدر الداخلية للحلقة ؛ مما يجعل خلاياها تتمدد بسرعة ، وتضغط على جسم النيماتودا بدرجة أسرع من حركة النيماتودا للرجوع إلى الخلف هاربة من المصيدة الفطرية القاتلة .

خامسا : الفطريات داخلية التطفل :

يطلق على هذه المجموعة من الفطريات The endoparasitic nematode destroying fungi أو المصطلح المختصر " endozoic " . وهى على العكس من المجموعة السابقة من الفطريات المتطفلة خارجيا ، والتى اتفق على تسميتها بـ " مجموعة الفطريات المفترسة predatory group " ؛ إذ إن الفطريات ذات التطفل الداخلى endoparasitic predacious fungi ليس لها نموات هيفية خارج جسم عوائلها النيماتودية ؛ حيث يمكن اعتبارها – من الناحية البيئية – متطفلات إجبارية .

وتنتج هذه الفطريات كونيديات تلتصق بجليد العائل النيماتودى ، وتنبت هذه الكونيديات بتكوين أنبوب إنبات يخترق الجليد فى حالة الإصابة الخارجية ، أو جدار القناة الهضمية فى حالة ابتلاع النيماتودا لهذه الكونيديات ؛ حيث يلى ذلك تكوين هيفات تغذية تنمو خلال أنسجة النيماتودا ، ثم تتكون – فى النهاية – حوامل كونيدية خارج جسم العائل ؛ حاملة كونيديات الفطر الممرض .

وبعض الأجناس الفطرية تشمل أنواعا متطفلة داخليا على النيماتودا ؛ مثال ذلك : *Harposporium* ، و *Verticillium* ، و *Nematoctomus* ، و *Drechmeria* .

وعلى الرغم من أن الفطريات الداخلية التطفل على النيماتودا ليس لها أية نموات هيفية خارج جسم عوائلها ، إلا أنه – فى بعض الحالات – يلاحظ تكوين هيفات مدادة prostrate hyphae محدودة النمو ؛ تظهر من جسم النيماتودا المصابة ، وتتدلى على سطح الأجار (شكل ٨ – ٢٢) ، كما فى الفطر *Cephalosporium*

balanoides ، والفطر *Nematoctonus leiosporus* . ولا تقوم هذه الهيفات الفطرية بالتمثيل الغذائى ، ولا تحمل أية أعضاء تتخصص فى اصطياد النيماتودا ، ولكنها قد تكون حوامل تحمل كونيديات الفطر .

وتوجد هذه الفطريات – ذات التطفل الداخلى – فى البيئة على صورة كونيديات ؛ حيث يمكن لهذه الكونيديات الاحتفاظ بحيويتها لفترة طويلة ، وتظل ساكنة حتى تصادف العائل النيماتودى المناسب .

وتكوّن هذه الفطريات أيضاً جراثيم سميكة الجدار ، يمكنها تحمل الظروف السيئة. وتعتبر هذه الجراثيم وحدات لقاح أولية ؛ تصيب النيماتودا الحرة عن طريق التصاقها بالسطح الخارجى للجليد ، أو بواسطة ابتلاع النيماتودا لها مع المادة العضوية وحبيبات التربة.

وفى حالات أخرى ، يمكن أن تكون وحدات اللقاح عبارة عن جراثيم هدبية سابحة zoospores ، كما فى حالة الفطريات الكيتريدية التابعة للجنس *Catenaria* والفطريات البيضية التابعة للجنس *Myzocytium* . وتنجذب هذه الجراثيم السابحة إلى النيماتودا الحرة ، وعندما تصل إلى جليد العائل تفقد أهدابها قبل عملية الاختراق .

وبالمقارنة بالفطريات الخارجية التطفل ، يلاحظ أن جراثيم الفطريات الداخلية التطفل تكون صغيرة الحجم قد تصل إلى ميكرونين ، أو قد تكون طويلة ونحيفة ؛ وبذلك فهى تحتوى على قليل من المواد الغذائية ، لا تكفى إلا لإنباتها واختراقها جليد العائل إذا كانت الإصابة خارجية ، أو اختراق جدار المرئ اذا كانت الإصابة داخلية .

وتوجد الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا الحرة فى عديد من طوائف الفطريات ؛ ومن أمثلة ذلك : الفطريات الكيتريدية Chytridiomycetes ، والفطريات البيضية Oomycetes ، والزيجية Zygomycetes ، والناقصة Deuteromycetes ، والبازيدية Basidiomycetes .

١ – الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات الكيتريدية :

يعتبر الفطر *Catenaria anguilluilae* من أشهر الفطريات الكيتريدية المتطفلة داخليًا على النيماتودا ؛ حيث يكوّن هذا الفطر جراثيم هدبية سابحة، تسبح لفترة ، ثم تفقد أهدابها عند وصولها إلى جليد العائل النيماتودى . وتكوّن هذه الجراثيم عضو

اختراق يخترق الجليد ، وتنمو هيفات الفطر محللة الأحشاء الداخلية للفريسة (شكل ٨ – ١٧) ، ويمثل هذا الفطر حوالى ٩٠٪ من إجمالى عينات النيماتودا المتحللة بفعل الفطريات الداخلية التطفل .

وتتميز الجراثيم الهدبية zoospores لهذا الفطر بأنها ذات سوط واحد خلفى ذى شكل كرباجى whiplash ، يبلغ طوله أكثر من ٣٠ ميكرونا . وتتكون هذه الجراثيم الهدبية داخل أكياس أسبورانجية داخل جسم العائل النيماتودى (شكل ٨ – ١٧) .

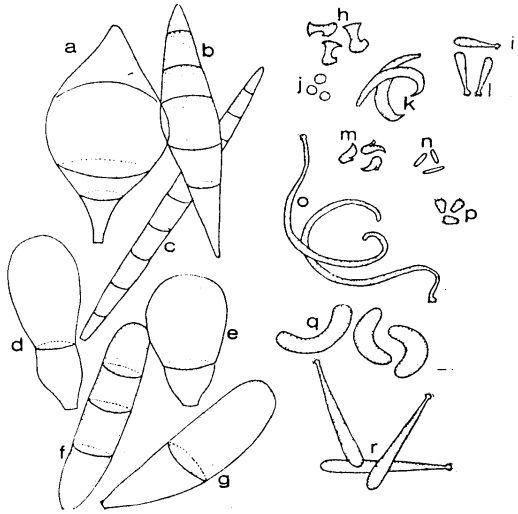
وتتحرر الجراثيم الهدبية عن طريق سباحتها خلال قمة أنبوبة التحرر الطرفية solitary exit tube ، والتى تكون – عادة – قصيرة وسميكة فى الظروف الرطبة . أما عند الجفاف النسبى فإنها تكون طويلة وملتوية . وتسبح الجراثيم الهدبية من خلال أنبوبة التحرر إلى الخارج عن طريق تحريك سوطها الخلفى الوحيد الذى يدفعها إلى الأمام .

وفى بعض الحالات التى تكون فيها أنبوبة التحرر (أنبوبة التفريغ evacuation tube) طويلة ومنحنية ، فإن الجراثيم الهدبية تزحف خارج الأنبوبة عن طريق الحركة الأميبية ، أو قد تزحف لفترة ، ثم تنطلق سابحة باستعمال سوطها الخلفى إلى الخارج .

وبعد تحرر هذه الجراثيم الهدبية ، فإنها تسبح لفترة حول مكان تحررها بقوة ونشاط ، فإذا اعترضها عائق ما ، فإنها تلجأ إلى الحركة الأميبية مبتعدة عما يعوق حركتها ، ثم تنطلق مرة أخرى سابحة بسوطها الوحيد .

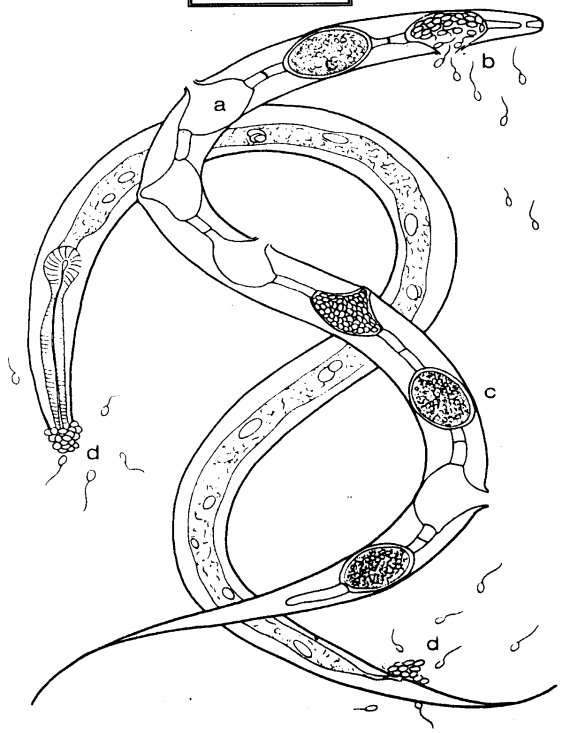
وتتحرك الجراثيم الهدبية السابحة للجنس *Catenaria* حركة موجهة ؛ فهى تسبح متتبعة النيماتودا ، وتقتفى أثرها سعيا وراء فرائسها ؛ حيث يدلها على ذلك الإفرازات التى تنساب من جسم النيماتودا خلال فتحات الجليد الطبيعية (Keeley, 1969) ، وهذه الإفرازات عبارة عن مواد كيميائية جاذبة لهذه الجراثيم الهدبية .

وبمجرد أن تصل هذه الجراثيم الهدبية إلى سطح العائل النيماتودى ، فإنها تفقد أهدابها وتتحوصل بالقرب من فتحات العائل الطبيعية ؛ مثل : الفم ، والإخراج ، والفتحات التناسلية . وفى بعض الأحيان تهاجم هذه الجراثيم الهدبية السابحة جسم النيماتودا بأعداد كبيرة ، لدرجة اختفاء جسم الفريسة تحت جحافل جراثيم الفطر المتطفل .



شكل (٨ – ١٦) : جراثيم بعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة .
a - g = جراثيم بعض الفطريات المتطفلة خارجيًا .
h - p = جراثيم بعض الفطريات المتطفلة داخليًا .
q = جراثيم بعض الأنواع المتطفلة خارجيًا التابعة للجنس *Nematoctonus* .
r = جراثيم بعض الأنواع المتطفلة داخليًا التابعة للجنس *Nematoctonus* .

وتنبت هذه الجراثيم بعد فترة قصيرة ؛ معطية أنبوب إنبات ، يخترق الفتحات الطبيعية للنيماتود ، وقد يحدث اختراق مباشر لجليد الفريسة فى بعض الأحيان . وتنمو هيفات الفطر بطول جسم العائل ؛ محللة جميع الأحشاء الداخلية ، ومتغذية عليها .



شكل (٨ – ١٧) : الفطر المتطفل *Catenaria anguillulae*

a = كيس أسبورانجى هدبى zoosporangium خال .

b = جراثيم هدبية تسبح متحررة من خلال أنبوب النحر .

c = كيس أسبورانجى ساكن داخل جسم العائل النيماتودى .

d = جراثيم هدبية متحوصلة على فتحة الفم فى العائل النيماتودى .

وعند تمام نمو هـذه الهيفـات الفطرية الداخلية ، تظهر انتفاخات علـى مسـافات متباعدةٍ على طول هيفات الفطر ؛ حيث تبدو كالعقد . وتنفصل هذه الوحدات المنتفخـة عن الهيفات غير المقسمة بواسطة جدر عرضية ؛ حيث يزداد حجم هذه الانتفاخـات ؛ وتتكون أكياس جرثومية zoosporangia ، تحتوى على عديـد من الجراثيم الهدبية .

ويمتلئ جسم العائل النيماتودى المصاب من الداخـل بعديـد مـن هـذه الاكيـاس الجرثومية ، هذا بالإضافة إلى وجود أكياس أسبورانجية سـاكنة resting sporangia ذات جدرٍ سميكةٍ ؛ مما يجعلها تتحمل الظروف السيئة .

ويتميز الجنس *Catenaria* بأنه متعـدد فى طبيعـة تغذيتـه omnivorous food habits؛ حيث يترمم على المـواد العضويـة المتحـللة فى التربة ، بالإضافـة إلـى تطفله على بيض النيماتـودا . ويعمل هـذا التنوع فى تغذية الفطر على إتاحة الفرصة له على النمو فى عديدٍ من البيئات الطبيعية ، سواء فى وجود النيماتودا أم فى غيابها .

وتعتبر الأنواع التابعة للجنس *Catenaria* وغيره من الفطريات ذات التطفل الداخلى المكونة للجراثيم الهدبية وحيدة الفترة السـابحة monoplanetic zoospores ؛ وعلـى ذلك فإن هذه الجراثيم الهدبية تسبح لفترةٍ باحثة عن عائلها النيماتودى المناسب خـلال فترةٍ محدودةٍ ؛ فإذا فقدت أهدابها وتحوصلت ، لا يتكون من الجراثيم المتحوصلة أطوار متحركة أخرى .

وعلى ذلك فإن الجراثيم الهدبية التى تكونها مثل هذه الفطريات مجبرة على حسـن تصرفها فى البحث عن العائل النيماتودى المناسب ؛ قبل أن ينضب مخزونها الضئيـل من المادة الغذائية . وقد تعمل بعض ظروف البيئة على تسهيل المهمة الصعبـة لـهذه الجراثيم ؛ مثل وجود وسطٍ مائىٍ أو – على الأقل – ذى لزوجةٍ قليلةٍ ؛ بحيث يسـمح لهذه الجراثيم السابحة بالوصول إلى عائلها النيماتودى فى أقل وقتٍ .

٣ – الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات البيضية :

عند دراسة الفطريات الكيتريدية المتطفلة داخليًا علـى النيمـاتودا – مثـل الفطـر *Catenaria anguillulae* – وجد أن الجراثيم الهدبية التى يكونها الفطر تسبح لفـترةٍ قصيرةٍ باحثة عن عائلها النيماتودى ؛ فإذا فشلت هذه الجراثيم فى الوصول السريع إلى عائلها ، استهلكت طاقتها المحدودة وهلكت .

وتشاهد نفس هذه الآلية في بعض الفطريات البيضية الاولية ، مثال ذلك الفطر *Myzocytium lenticalare* ، والفطر *M. anomalum* . إلا أن بعض الأنواع الأخرى التابعة للجنس *Myzocytium* استطاعت أن تطور من نفسها وتجد حلا مناسبا لهذه المشكلة الحيوية (Barron & Percy, 1975) .

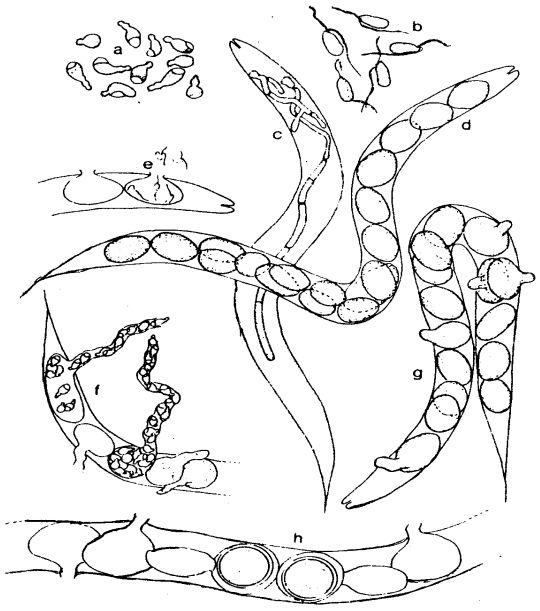
فلقد استطاعت الجراثيم الهدبية للفطر *M. humicola* أن تسلك سلوكا مغايرا لسلوك الأنواع الأخرى التابعة لهذا الجنس ؛ حيث لا تنجذب هذه الجراثيم السابحة ناحية العوائل النيماتودية ، بل ولا تعير النيماتودا الحرة المتحركة حولها أدنى اهتمام . وحيث إن هذه الجراثيم ذات فترة سباحة قصيرة ، تسبح خلالها لمسافة قصيرة ، فهى سرعان ما تفقد أهدابها ، وتسكن متحوصلة ، ثم تكون برعما طرفيًا لاصقا (شكل ٨ - ١٨) .

وتوجد هذه الجراثيم المتحوصلة - ذات البراعم اللاصقة - فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة ، فإذا مر أحد أفراد النيماتودا الحرة العابرة على سبيل الصدفة ، ولامس هذه البراعم اللاصقة ، التصقت الجراثيم بجليد النيماتودا ، ثم سرعان ما تخترقه مكونة ثالوسا جسديًا للعدوى infection thallus داخل أحشاء النيماتودا المصابة.

ويُنتج الثالوس الفطرى المعدى - عند تمام تكوينه ونضجه - أكياسا تحتوى على الجراثيم الهدبية zoosporangia . وتتميز هذه الأكياس بشكلها الكروى إلى تحت الكروى (شكل ٨ - ١٨ - f ، g) ، ويتحرر منها عديد من الجراثيم الهدبية التى تسبح خارجةً من خلال أنبوب تحرر قصير .

وتنتشر فى التربة عديد من الجراثيم الهدبية المتحوصلة ، التى تكوّن براعم طرفية لاصقة . وقد تتكون هذه التراكيب الفطرية اللاصقة فوق مستوى سطح التربة خاصة عند ارتفاع رطوبتها ؛ حتى تتاح لها فرصة أفضل لمصادفة أحد أفراد النيماتودا الحرة المتجولة ؛ فتلتصق بسطحه وتصيبه .

وتلعب ميكروبات التربة دورا كبيرا فى تثبيط نمو بعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا ، بل وقد تعمل - فى كثير من الأحيان - على تحليلها وموتها . ويعتبر تكوين الجراثيم لخلايا برعمية لاصقة ترتفع بعض الميكرونات عن سطح التربة من العوامل الحاسمة التى تجعل اللقاح الفطرى بعيدا عن متناول هذه الميكروبات ؛ محتفظا بقدرته على إصابة النيماتودا الحرة .



شكل (٨ – ١٨) : الفطر *Myzocytium humicola*

a = جراثيم هدبية متحوصلة تنتج براعم لاصقة adhesive buds .

b = جراثيم هدبية مزدوجة الأسواط .

c = ثالوس عدوى حديث داخل العائل النيماتودى .

d,g = عائل نيماتودى مصاب ، تمتلئ أحشاؤه الداخلية بعديد من الأسبورانجيات .

f = جراثيم لاصقة متكونة من جراثيم هدبية بعد تحوصلها داخل الكيس الأسبورانجى .

h = الطور الجنسى للفطر ؛ حيث تظهر أعضاء التأنيث oogonia وبداخلها الجراثيم البيضية oospores .

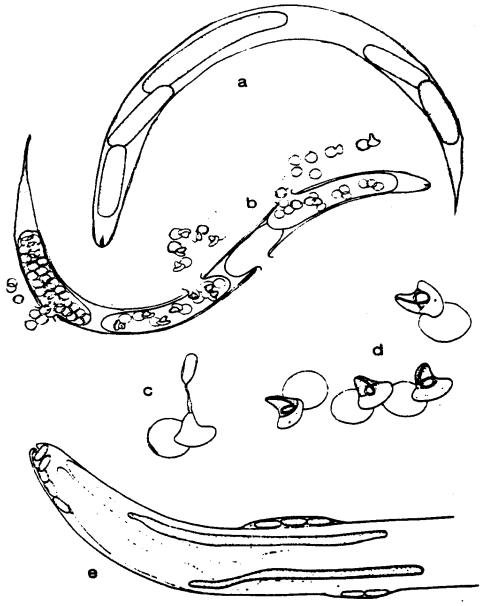
ومن الأنواع الأخرى التابعة للجنس *Myzocytium* ، الفطر *M. humicola* الذى يتميز بتكوينه طوراً جنسيًا تام التكوين . ففى هذا الفطر ، تتكون جاميطات مذكرة antheridia وأخرى مؤنثة oogonia على هيفاته غير المقسمة . ويتم الإخصاب عندما ينتقل بروتوبلاست الجاميطة المذكرة إلى بروتوبلاست الجاميطة المؤنثة من خلال ثقب فى الجدار المشترك . وينتج عن هذا التكاثر الجنسى تكوين جراثيم بيضية ساكنة ذات جدار سميك ، تتحرر إلى البيئة التى ينمو فيها الفطر عن طريق تحلل جسم العائل النيماتودى وتفتت جدار الجاميطة المؤنثة (شكل ٨ - ١٨ - h) .

وتتكون جاميطات الفطر المذكرة والمؤنثة على نفس هيفا الفطر ؛ حيث إن الفطر متشابه الميسليوم homothallic . وتعمل الجراثيم البيضية التى يكونها الجنس *Myzocytium* على حفظ النوع خلال الظروف السيئة ، بالإضافة إلى أن التكاثر الجنسى يعمل على إنتاج أفرادٍ جديدةٍ ذات صفاتٍ أكثر قدرةً على التآلف مع ظروف البيئة ؛ نتيجة إعادة التوالف الجينى genetic recombination .

ولما كانت إعادة التوالف الجينى تؤدى إلى إنتاج أنواع جديدةٍ من الفطريات ذات صفاتٍ تتلاءم مع ظروف البيئة ، فإنه من المحتمل أن تكون الأنواع التابعة للجنس *Myzocytium* – والتى تنتج جراثيم هدبية سابحة تهلك إذا لم تصادف العائل النيماتودى المناسب خلال فترةٍ محددةٍ – قد نتج عن تكاثرها الجنسى أنواع أخرى أكثر رقيًا وتطوراً ، تكوّن جراثيم هدبية تسبح لفترةٍ ثم تسكن ، وبعد ذلك تكون براعم لاصقة تتعلق بجسم النيماتودا الحرة .

بل ومن المثير للدهشة ، أن بعض الأنواع المتطورة التابعة للجنس *Myzocytium* – مثل الفطر *M. subuliforme* – لا تكون جراثيم هدبية سابحة على وجه الإطلاق ، بل تكوّن جراثيم لاصقة داخل أكياسها الأسبورانجية . وعند نضج هذه الجراثيم يتم قذفها بقوةٍ من خلال أنبوب التحرر المتصل بالكيس الأسبورانجى .

ولقد وصل تطور هذه الفطريات – ذات التطفل الداخلى على النيماتودا – إلى درجةٍ بالغة التعقيد ، وذلك لكى تتوافق مع طبيعة حياتها الصعبة . ففى الوقت الذى عانت منه بعض هذه الفطريات الأحادية الفترة السابحة لجراثيمها الهدبية ، استطاعت فطريات أخرى إنتاج جراثيم هدبية ثنائية الفترة السابحة ؛ كما هى الحال فى الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Haptoglossa* ؛ ومن أمثلة ذلك الفطر *H. zoospora*.



شكل (٨ - ١٩) : الفطر *Haptoglossa heterospora* .

a = ثالوس فطرى مُعدٍ داخل جسم العائل النيماتودى .

b = ثالوس فطرى مُعدٍ ناضج ، تتحرر منه جراثيم الفطر من خلال أنبوب التحرر .

c = جراثيم عديمة الأسواط glossoid spores ، يظهر بها الأنبوب الملتف المؤدى إلى الثقب الفمى .

e = نيماتودا مصابة بثالوثين ناميين داخل جسمها ، ويظهر بين جليد العائل وطبقة الهيبودرمس عدد من وحدات العدوى infection units .

وفى بعض الفطريات التابعة للجنس *Haptoglossa* – مثل الفطر *H. zoospora* ، والفطر *H. heterospora* – تتكون جراثيم هدبية داخل أكياس أسبورانجية ، وعند نضج هذه الجراثيم يقذفها الفطر بقوة تجاه أحد أفراد النيماتودا الحرة المتجولة بالقرب منه ، ولا يستغرق ذلك إلا جزءًا من الثانية (Davidson & Barron, 1973) ، وتعتبر هذه الآلية البارعة فى عدوى النيماتودا من مميزات هذه الفطريات المتطورة ، والتى يمكن مقارنتها بالآلية الحذقة التى تتميز بها بعض الفطريات الخارجية التطفل ، وهى قدرتها على اصطياد النيماتودا الحرة عن طريق الحلقات المنقبضة .

وينتشر الفطر *H. heterospora* فى مناطق عديدة من العالم ، متنوعا فى طريقة تغذيته ؛ فهو تارة متطفل على بعض أنواع النيماتودا ، وتارة أخرى مترمم على أوراق الأشجار المتحللة . وعند نمو هذا الفطر على عوائله النيماتودية ، فإنه يكوّن هيفات فطرية يتكوّن على كلٍّ منها عديد من الحليمات القصيرة . وينتج من هذه الحليمات جراثيم كروية غير متحركة ، تخرج من خلال أنبوب تحرر . وتنبت هذه الجراثيم بتكوين جرثومة أخرى غير متحركة ذات شكل يشبه الوسادة المثلثة . وتتمدد إحدى زوايا الجرثومة بحيث تصبح أكبر من الزاويتين الأخيرتين ، وينحنى هذا التمدد ويأخذ شكل اللسان tongue - like glossoid (شكل ٨ – ١٩ – d) .

٣- الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات الزيجية:

من أهم الفطريات التابعة لهذه الطائفة الفطر *Meristacrum asterospermum* ؛ الذى يتميز بتكوين كونيديات لاصقة تتعلق بجليد النيماتودا . وتنبت هذه الكونيديات بإعطاء هيفا اختراق penetration hypha ، تتميز بدقتها . وتنمو هيفات الاختراق من خلال جليد العائل ؛ حيث تكون ثالوس الفطر المُعدى infection thallus .

وينمو الثالوس الفطرى طوليًا داخل أحشاء النيماتودا المصابة ، ثم ينفصل هذا الثالوس عند نضجه إلى عديد من القطع الهيفية الصغيرة ذات الأطراف المستديرة . ويتم إنبات حوالى نصف هذه القطع الهيفية ؛ منتجة حوامل كونيدية conidiophores ، بينما ينتج النصف الآخر جراثيم ساكنة سميكة الجدار . وترتفع الحوامل الكونيدية إلى حوالى ٥٠٠ ميكرون ، وتكوّن قمة سميكة ملتفة .

وتُحمل الكونيديات فى تتابع قاعدىّ من الجزء الملتف على الحامل الكونيدى ؛ حيث تستهلك كل المادة السيتوبلازمية فى تكوين الجراثيم . ويحمل كل حاملٍ أكثر من ٥٠ كونيدة ، فإذا ما تحررت هذه الكونيديات انهار الحامل وتحلل .

وتقذف جراثيم بعض الفطريات الزيجية المتطفلة بقوةٍ ؛ مثال ذلك الفطر *M. asterospermum* . وتتكون جراثيم هذا الفطر على طرفٍ ملتفٍ فى نهاية الحامل ؛ حيث يعمل ذلك على قذف الجراثيم فى اتجاهاتٍ مختلفةٍ ، ولكن على مسافة لا تزيد على ٣ ملليمترات بعيدا عن الحامل الكونيدى .

وكونيديات هذا الفطر ذات شكلٍ بيضىّ مقلوبٍ ، ويمكنها التعلق بجسم النيماتودا التى تمر ملامسة لها ملتصقة بجليدها . ولا تهلك الكونيديات التى لا تتعلق بعوائلها النيماتودية ، بل تبدأ فى الإنبات، وينتج عن إنباتها كونيدة أخرى جديدة محمولة على ساقٍ عموديةٍ أسطوانية . وعندما تسقط هذه الكونيدة الثانوية على سطح البيئة فإنها تسلك نفس السلوك السابق، حتى تصادف أحد أفراد النيماتودا الحرة المتجولة وتصيبها.

وقد تسلك بعض كونيديات الفطر نفس السلوك السابق ؛ وذلك خلال التصاقها بجليد النيماتودا دون أن تخترق جليدها ؛ حيث تستمر فى إنتاج الكونيديات الثانوية كمصدر عدوى لأية نيماتودا أخرى عابرة . ويظهر هذا السلوك الغريب للكونيديات ، وخاصة على جليد النيماتودا المصابة التى فى طريقها إلى الموت ؛ حيث لا تجد هذه الكونيديات العائل النيماتودى المحتضر مناسبا لإصابته .

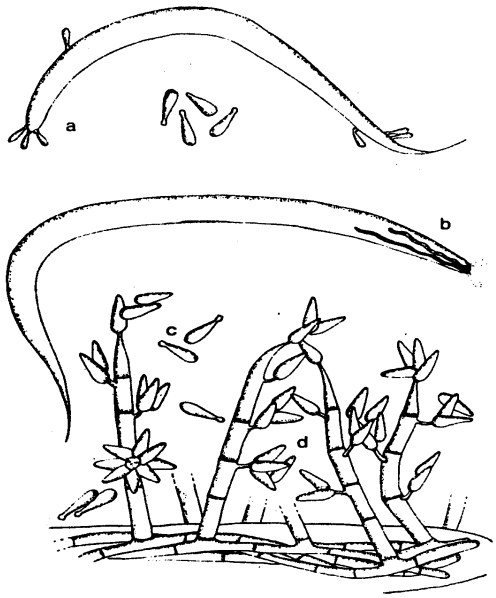
ويؤدى تكوين الكونيديات الثانوية باستمرار إلى تجديد اللقاح الفطرى الممرض ، لعله يجد عوائل نيماتودية مناسبة أو ظروفا بيئية أكثر ملاءمة لإحداث العدوى . وكم شوهدت نيماتودا مصابة بعديدٍ من هذه الكونيديات الثانوية فى أماكن بعيدةٍ عن مصدر اللقاح الأولى .

٤- الفطريات الداخلية التطفل التابعة للفطريات الناقصة :

أ - الجراثيم اللاصقة Adhesive Spores :

طورت عديد من الفطريات الناقصة نفسها لتكوين جراثيم لاصقةٍ adhesive spores ، تعمل كلقاح أولىّ لإصابة عوائلها من النيماتودا . ولعل أفضل الأمثلة --

لمعروف عنها إنتاج مثل هذه الجراثيم – الأجناس : *Verticillium* ، *Cephalosporium* ، و *Meria* .



شكل (٨ – ٢٠) : الفطر *Meria coniospora* .

a = كونيديات لاصقة متعلقة بجليد العائل النيماتودى .

b = هيفا العدوى داخل جسم العائل النيماتودى .

c = كونيديات ناضجة يتكون عليها برعم لاصق .

d = حوامل كونيدية وكونيديات تخرج من خلال جليد العائل بعد تمزقه .

ففى الفطر *Meria coniospora* تأخذ الجراثيم شكل قطرة الماء عند سقوطها tear-drop shaped . وعند نضج هذه الجراثيم يتكون لها برعم لاصق adhesive bud ؛ وذلك عند الطرف البعيد (شكل ٨ – ٢٠) . ولا تلتصق هذه الجراثيم – بسرعة – بعوائلها النيماتودية ، وكثيرا ما تشاهد النيماتودا تتغذى على مثل هذه الجراثيم دون أن تصاب بأذى .

وعند وضع نيماتودا سليمة فى طبق بترى يحتوى على نيماتودا ميتة – نتيجة إصابتها بالفطر *Meria* – فإن جراثيم الفطر تغطى جليد النيماتودا السليمة خلال بضع دقائق ، وخاصة عند الفتحات الطبيعية للجسم ؛ مثل : الفم ، وفتحة الشرج (شكل ٨ – ٢٠ – a) .

كما ينتج عن اندفاع النيماتودا للأمام – خلال حركتها المستمرة للبحث عن غذائها – تلامس منطقة الرأس مع كونيديات الفطر التى تنتشر فى التربة والمواد العضوية المتحللة ، وهذا يفسر تعلق الجراثيم بمنطقة الرأس واختراقها للجليد فى هذه المنطقة ، وخاصة منطقة الفم buccal region التى تتحلل أنسجتها ؛ مما يؤدى إلى عدم قدرة النيماتودا المصابة على الاستمرار فى التغذية .

وبمجرد أن تخترق هيفا العدوى – الناتجة من هذه الكونيديات – جليد النيماتودا ، يصعب على النيماتودا أن تبرأ من العدوى . وفى التجارب المعملية – التى أجريت لدراسة آلية العدوى – شوهدت مئات من الكونيديات تهاجم فردا واحدا من النيماتودا ، ومع ذلك فإن نجاح كونيدة واحدة فى اختراق جليد العائل يكفى لإحداث العدوى ، وموت النيماتودا الحتمى .

وتنبت كونيدة الفطر الممرض الملتصقة بجليد العائل النيماتودى مخترقة الجليد مباشرة ؛ مكونة هيفا عدوى infection hypha داخل أحشاء جسم النيماتودا (شكل ٨ – ٢٠ – b) . وقد تبقى النيماتودا المصابة على قيد الحياة لفترة ، على الرغم من إصابتها بالفطر الممرض . ومن الممكن مشاهدة النموات الهيفية بوضوح داخل جسم الفريسة ، بينما هى مازالت تتحرك ساعية للبحث عن غذائها ، ربما دون أن تفطن إلى أنها نفسها أصبحت غذاءً للفطر المفترس .

وتتميز هيفات العدوى الحديثة بأنها ذات نموّ متموج ؛ حيث تنمو هيفات الفطر الممرض ويتزايد عددها على حساب محتويات جسم النيماتودا المصابة ؛ مما يؤدى إلى ضعف النيماتودا ثم احتضارها .

وفى خلال أيام قليلة ، يمتلئ جسم النيماتودا المصابة بهيفات الفطر المتطفل . وتخرج بعض هيفات الفطر خارج جسم النيماتودا عن طريق تحليل الجليد فى عدة مواضع . وتتحول هذه الهيفات إلى حوامل كونيدية تحمل كونيديات عديدة (شكل ٨ – ٢٠ – d) ؛ وبذلك يتكون الطور اللاجنسى للفطر الممرض .

وتتجمع كونيديات الفطر الممرض (*Meria coniospora*) فى عناقيد أو سلاسل قصيرة ، تُحمل على قمة الخلية المولدة للكونيديات ذات الشكل الأنبوبى .

ب – الجراثيم المحللة Ingested spores :

تأقلمت كونيديات الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا الحرة على آلية معينة للالتصاق بجليد عوائلها ؛ كنوع من التطور مع مرور الوقت ، إلا أنها احتفظت بمميزات مشتركة مع الفطريات الأخرى المترممة ، وكذلك مع أبناء عمومتها من الفطريات المتطفلة على النبات من الجنس *Verticillium* .

ولقد تطورت كونيديات هذه الفطريات – أيضا – من حيث كيفية مهاجمة عوائلها من النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة ، وأظهرت تنوعا هائلا فى شكل كونيدياتها التى تكونها . وتأخذ بعض هذه الكونيديات شكلا هلاليًا، أو حلزونيًا ، بل وفى كثير من الحالات تأخذ هذه الكونيديات أشكالاً غريبة يصعب على المتخصصين وصفها وصفا يصلح لأن يكون مرجعا لغيرهم .

وتلعب هذه الأشكال الغريبة لكونيديات الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا الحرة دورا كبيرا فى تحقيق الغرض الأساسى من تكوينها ، وهو الالتصاق بفتحة الفم والتجويف الفمى ومرئ النيماتودا .

ويعتبر الفطر *Harposporium anguillulae* من أكثر الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا شيوعا ؛ حيث يكون جراثيم محللة ingested spores (شكل ٨ – ٢١) تعمل على تحليل أنسجة الأحشاء الداخلية للعائل النيماتودى والتغذية عليها .

وتميل جراثيم هذا الفطر المتطفل إلى أن تأخذ الشكل الهلالى ، وهى ذات طرف واحد مستدق (شكل ٨ – ٢١ – c) . ولا يتماثل طرفا الجرثومة فى مستواهما الفراغى ، وقد تأخذ الجرثومة شكلا حلزونيًا ؛ سواء فى هذا النوع ، أم الأنواع الأخرى التابعة لهذا الجنس. وينحنى الطرف الحاد للجرثومة ناحية محورها المركزى .

ويقوم هذا التركيب المتميز لجرثومة الفطر *H. anguillulae* بدور فعالٍ فى تعلق الجرثومة بمرئ العائل النيماتودى ؛ فعندما تبتلع النيماتودا جراثيم هذا الفطر - التى تنتشر فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة - فإن الطرف الحاد للجرثومة يخترق المنطقة التى بين ألياف عضلات المرئ ، وتستقر الجرثومة فى هذه المنطقة التى تعتبر مكان العدوى الأولية (شكل ٨ - ٢١ - a) .

وعادة ما تشاهد عديد من الجراثيم متعلقة فى عضلات مرئ النيماتودا السيئة الحظ، التى ابتلعت هذه الجراثيم خلال تغذيتها ، دون أن تفطن إلى خطورتها المميتة . وتكفى جرثومة واحدة لإحداث العدوى وهلاك العائل النيماتودى .

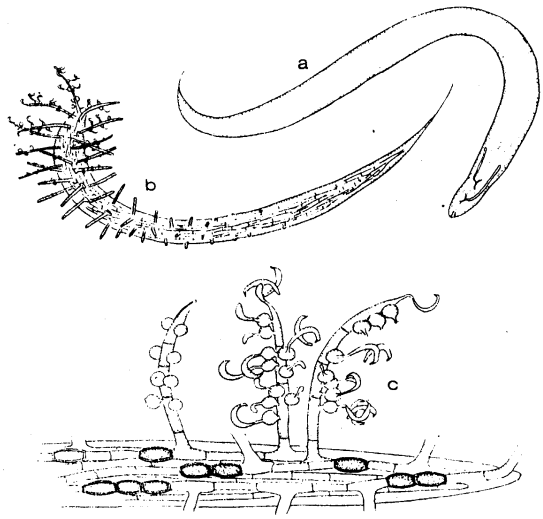
ويتم إنبات هذه الجراثيم عن طريق ظهور أنبوب إنبات يظهر من مركز الجانب المحدب للجرثومة (شكل ٨ - ٢١ - a)؛ حيث يخترق أنبوب الإنبات عضلة المرئ. وتنمو هيفات العدوى infection hyphae داخل عضلات المرئ؛ مما يؤدى إلى تمزقها، ثم تنمو هذه الهيفات داخل فراغ جسم العائل النيماتودى ؛ محللة أحشاءه الداخلية.

وتتلازم المراحل المبكرة من العدوى مع تحلل النسيج العضلى للمرئ فى عديدٍ من المواقع ، ثم تنتقل العدوى من موقع حدوثها إلى أماكن أخرى بعد ذلك ؛ حيث تنمو هيفات الفطر داخل جسم النيماتودا المصابة ؛ كما هى الحال فى الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Meria* .

ويؤدى نمو هيفات الفطر داخل جسم العائل النيماتودى إلى تحليل أحشائه الداخلية. وبعد فترةٍ تظهر حوامل الفطر الكونيدية من خلال تحلل جليد النيماتودا الميتة فى عديدٍ من المواقع . ففى الفطر *Harposporium* ، تتكون حوامل كونيدية قصيرة غير متفرعةٍ ، تحمل خلايا مولدةً للكونيديات conidiogenous cells ذات شكلٍ كروىّ إلى شبه كروىّ يطلق عليها اسم " قارورات phialides " كل منها ذات قمةٍ أنبوبيةٍ (شكل ٨ - ٢١ - c) ، تخرج منها كونيديات متتابعة ، تتجمع فى عناقيد على قمة القارورة .

وفى المراحل المتقدمة من الإصابة ، تشاهد بعض خلايا هيفات الفطر المتطفل ذات جدر مغلظةٍ وداكنة اللون داخل جسم النيماتودا الميتة . وتعمل هذه الخلايا كجراثيم ساكنة ، ويطلق عليها اسم " الجراثيم الكلاميدية chlamydospores " (شكل ٨ - ٢١ - c) .

وتتحرر هذه الجراثيم الكلاميدية عن طريق تمزق جليد العائل النيماتودى فى بعض المواضع وتحلله ؛ حيث تنبت فى الظروف المواتية مكونة كونيديات . وتقاوم هذه الجراثيم الكلاميدية الظروف غير الملائمة ؛ مثل : فترة الشتاء البارد وفترات الجفاف الطويلة والحرارة العالية خلال فصل الصيف .



شكل (٨ - ٢١) : الفطر *Harposporium anguillulae* .

a = كونيديا نابتة فى مرئ عائل نيماتودى .

b = مرحلة متأخرة من العدوى ؛ حيث تظهر الحوامل الكونيدية خارجة من جليد العائل النيماتودى بعد تمزقه فى عديد من المواقع .

c = الخلايا المولدة للكونيديات ذات الشكل الكروى ، منتجة كونيديات تأخذ أشكالاً هلالية crescent-shaped conidia ، وتظهر أيضاً الجراثيم الكلاميدية chlamydospores ذات الجدر السميكة الداكنة اللون ؛ متكونة داخل العائل النيماتودى.

ولقد اعتقد بعض الباحثين أن الطرف المدبب للكونيدة يستخدم فى تثبيتها على جليد العائل النيماتودى ؛ حيث تعمل حركة عضلات النيماتودا على توجيه هذا الطرف المدبب ناحية الجليد . ومن أمثلة هذه الفطريات التى تلتصق جراثيمها بجليد عوائلها النيماتودية : الفطر *H. helicoides* والفطر *H. oxycoracum* .

وتتكون على أطراف كونيديات الفطريات السابقة قطيرات لزجة ، قد تعمل على التصاق هذه الكونيديات بجليد العائل النيماتودى ؛ حيث تنبت هذه الكونيديات مكونة عضو اختراق ، يخترق جليد النيماتودا . وتهاجم هيفات الفطر المعدية الأحشاء الداخلية . وعلى ذلك تعتبر الأنواع التابعة للجنس *Harposporium* من الفطريات المتطفلة التى تهاجم النيماتودا عن طريق الاختراق خلال الجليد الخارجى .

إلا أنه يلاحظ – عند ابتلاع النيماتودا لكونيديات الفطر *H. anguillulae* – أن هذه الكونيديات تستقر فى النسيج العضلى للمرئ ؛ وذلك عند محاولتها ابتلاع الكونيديات مع المواد العضوية الموجودة فى التربة بغرض التغذية . وعند فحص تلك النيماتودا بعد ذلك ، لم تشاهد العدوى إلا فى منطقة المرئ التى تعلقت بها كونيديات الفطر الممرض .

وفى حالة النيماتودا الرمحية المتطفلة على النبات – مثل الجنس *Xiphinema* – تتحور أجزاء فمها إلى رمح يُستخدم فى اختراق خلايا العائل النباتى وامتصاص العصارة الخلوية . ولا يوجد لهذه النيماتودا فتحة فمية ؛ وبالتالى فهى لا تستطيع ابتلاع جراثيم الفطر *Harposporium* ولا تصاب به .

وتعتبر الحالة السابقة من الحالات الخاصة ، والتى ترجع إلى طبيعة تغذية النيماتودا . أما فى أنواع النيماتودا المتغذية على ميكروبات التربة ، فهى تبتلع جراثيم الفطريات ومنها الفطريات الممرضة لها ؛ مثل الفطر *Harposporium bysmatosporum* . ولقد وصف هذا الفطر لأول مرة الباحث الألمانى (Drechsler (1946 ؛ حيث سجل الشكل غير المألوف لكونيدياتها ، والتى تشبه عظمة لوح كتف الإنسان human upper-arm bone .

وتحدث العدوى بالفطر السابق ؛ وذلك عندما تستقر كونيدياته ذات الشكل الغريب فى التجويف الفمى للعائل النيماتودى وتنبت داخله . ويستقر – عادة – داخل تجويف فم

العائل عديد من كونيديات الفطريات الممرضة ؛ ومن أمثلة ذلك : الفطر *H. dicraeum* ، والفطر *H. rhynchosporum* .

وفى بعض الحالات ، تتكون على بعض الكونيديات – التى تكونها هذه الفطريات – فقاعة واضحة عند قاعدتها ؛ كما هى الحال فى الفطر *H. helicoides* . وقد يلعب هذا التركيب دورا فى لصق كونيديات الفطر الممرض بعائلها النيماتودى . وتتميز جراثيم هذا الفطر بالشكل الحلزونى ؛ حيث تبتلعها النيماتودا خلال تغذيتها على ميكروبات التربة .

ولا تنمو الفطريات الناقصة التى تتطفل داخليًا على النيماتودا ، والتى تتبع الفطريات الهيفية Hyphomycetes بصورة طبيعية خارج عوائلها ؛ مكونة هيفات فطرية ، ولكن أمكن – تحت ظروف المعمل – التقاط أحد أفراد النيماتودا المصابة بفطر من هذه الفطريات الهيفية ووضعت على سطح بيئة اجار مستخلص المولت المضاف إليه المضاد الحيوى أوريوميسين aureomycin . وبعد فترة من التحضين ، نمت هيفات الفطر بصورة جيدة خارج جسم النيماتودا الميتة ، وتكونت مزرعة نقية من الفطر المتطفل على بيئة الاجار .

٥– الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات البازيدية :

يعتبر الفطر *Nematoctonus* أحد الفطريات الناقصة التى تكوّن هيفات تحمل روابط كلابية clamp connections ؛ مما يدل على أن هذا الفطر عبارة عن طور ناقص لفطر بازيدىّ .

ويكوّن هذا الفطر عقدا لاصقة adhesive knobs على هيفاته الخارجية ، وذلك فى الأنواع ذات التطفل الخارجى ، فى حين أن الأنواع المتطفلة داخليًا لاتكون أية هيفات خارجية ولا أعضاء خاصة لاقتناص النيماتودا الحرة المتجولة حولها . وفى مثل هذه الفطريات ذات التطفل الداخلى ، يتم اصطياد النيماتودا الحرة عن طريق الجراثيم اللاصقة adhesive spores .

ومن أكثر الفطريات المتطفلة على النيماتودا داخليًا التابعة للجنس *Nematoctonus* الفطر *N. leiosporus* (شكل ٨ – ٢٢) ؛ حيث وجد فى حوالى ٣٤٪ من عينات التربة المأخوذة من الأراضى الزراعية . وتوجد هيفات هذا الفطر مبعثرة فوق

سطح التربة وعلى المواد العضوية ؛ حيث تحمل هيفات الفطر جراثيم فرديـــة علـــى نتوءات قصيرة (شكل ٨ – ٢٢ – b) .

وتتميز جراثيم الفطر بشكلها الذى يشبه شكل السيجار cigar-shaped ، وهـــى ذات طرف مستدق . ولا تلتصق هذه الجراثيم بسطح النيماتودا الحرة – عادة – بـــل تظـــل متصلة بالهيفا المولـــدة لها ، وعنـــدما تنضج تســـقط على ســـطح البيئة التـــى تنمـــو عليها هيفات الفطر . ويتم إنـــبات هذه الجـــراثيم عن طريق تكوين امتـــداد عمـــودى قصير ، يبلـــغ طوله حـــوالى ١٠ – ١٥ ميكرونا ، يحمل عقـــدة لاصقة على طرفـــه (شكل ٨ – ٢٢ – c) .

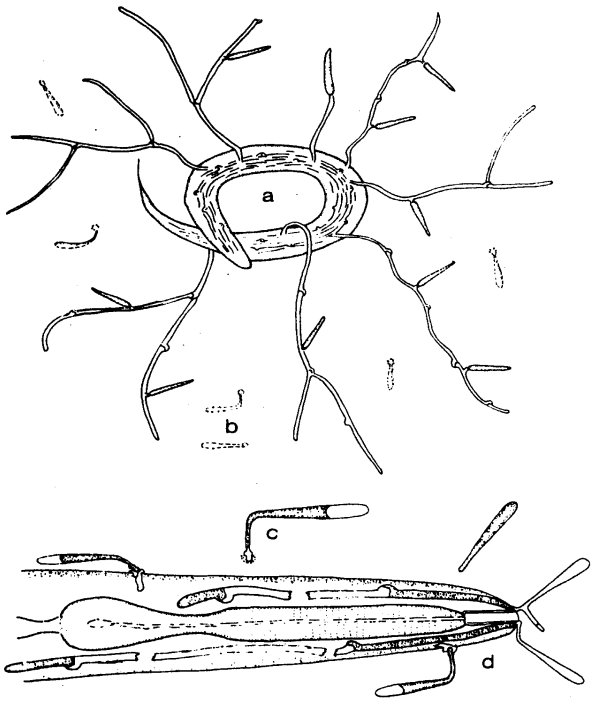
وتلتصق الجراثيم على جليد العائل النيماتودى ، ثم تخترقه بعد فترة قصيرة شأنـــها فى ذلك شأن الفطريات الداخلية التطفل . وعادة ما تكوّن هذه الجراثيم تفرعـــا لاصقـــا إضافيًا أو تفرعين لاصقين ، يظهران من الامتداد العمودى القصير للجرثومـــة . وقـــد تنتج مثل هـــذه التراكيب اللاصقة الإضـــافية فى بعض الحالات ؛ مثل عـــدم تمكـــن العقدة اللاصقة من اتخاذ الوضع المناسب لاصطياد النيماتـــودا الحـــرة التـــى تمـــر بجوارها .

وبمجرد أن يتم اختراق جليد العائل النيماتودى ، تنمو هيفات الفطر المعدية داخـــل أحشاء النيماتودا المصابة ، مخترقة أنسجتها على طول جسم الفريسة . وتحمـــل هـــذه الهيفات الفطرية الروابط الكلابية على طول هيفات العدوى .

وقد تتحمل بعض النيماتودا المصابة العدوى بالفطر الممرض ، وتستمر فى حياتـــها اليومية من حركةٍ وتغذيةٍ لفترةٍ قصيرةٍ ، على الرغم من نمو هيفـــات العـــدوى داخـــل جسمها ، دون أن تدرى أى مصير ينتظرها .

وفى بعض الأحيان ، تموت هيفات العدوى داخل جسم النيماتودا المصابة بفعل آليةٍ دفاعيةٍ خاصةٍ تقوم بها أنسجة النيماتودا الداخلية لوقف غزو هيفات الفطر الممرض. وقد تعتمد هذه الآلية على قتل هيفات الفطر؛ حيث شوهدت فى كثير من الحـــالات هيفـــات فطرية خالية من البروتوبلازم داخل جسم بعض النيماتودا الحية. ولكن ليس من المعروف – على وجه التحديد – كيفية موت هذه الهيفات الفطرية المعدية داخل جسم النيماتودا .

ويشمل الجنس *Nematoctomus* أنواعاً أخرى من الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا ، بالإضافة إلى الأنواع الداخلية التطفل ، وهذا يجعل تقسيمنا لهذه الفطريـــات على أساس نوع التطفل محل شكٍّ .



شكل (٨ – ٢٢) : الفطر *Nematoctonus leiosporus* .

a = عائل نيماتودى مصاب بهيفا تحمل روابط كلابية ، تظهر من العائل المتحلل، وتنمو على سطح البيئة .

b,c = كونيديات نابتة تنتج نموًا متعامداً ذا طرفٍ يحتوى على عقدةٍ لاصقةٍ .

d = عائل مصاب بكونيديات ملتصقةٍ بجليد العائل ، بينما تظهر هيفا العدوى متجزئةً إلى قطع هيفيةٍ داخل جسم العائل .

فعلى سبيل المثال ، هناك بعض الفطريات النموذجية ذات التطفل الخارجى ؛ مثل الفطر *Arthrobotrys oligospora* ، الذى تنبت جراثيمه فى البيئة التى ينمو عليها الفطر مكونة هيفاتٍ فطرية تحمل مصائد لاقتناص النيماتودا الحرة المتجولة حولها . بينما تتكون هذه المصائد الفطرية على كونيديات بعض الفطريات ؛ مثل الأنواع الخارجية التطفل التابعة للجنس *Nematoctonus* ؛ حيث تتكون عقد لاصقة على الكونيديا مباشرة ؛ وبذلك يكون اللقاح الاولى فى هذه الحالة هى الكونيدة اللاصقة التى تُحْدث العدوى الأولية مشابهة فى ذلك عديداً من الفطريات الداخلية التطفل .

ويمكن اعتبار أنواع الفطريات ذات التطفل الداخلى التابعة للجنس *Nematoctonus* أنواعاً متطفلة خارجيًا ، إلا أنها فقدت قدرتها على إنتاج العقد اللاصقة على هيفاتها ، ثم طورت قدرتها على تكوين هذه العقد ؛ بحيث تكونت مباشرة على كونيدياتها دون انتظار لتكوين هيفات الفطر كما هو شائع فى الأنواع الأخرى ذات التطفل الخارجى .

وتتشابه جراثيم الأنواع الفطرية ذات التطفل الداخلى والخارجى التابعة للجنس *Nematoctonus* فى الحجم ، وتقترب صفات جراثيم هذه الفطريات من تلك الأنواع الداخلية التطفل ، وتختلف كثيراً عن صفات جراثيم الفطريات الخارجية التطفل .

وعلاوة على ما سبق ، فالأنواع الفطرية التابعة لهذا الجنس ليست ذات كفاءة عالية على الترمم ، بعكس الحال فى الفطريات الناقصة الهيفية Hyphomycetes . وتتميز جراثيم الجنس *Nematoctonus* بأنها دقيقة الحجم ؛ بحيث تحمل كمية قليلة من المادة الغذائية داخلها ، لا تسمح لها بالإنبات وتكوين هيفات تحمل مصائد لقنص النيماتودا الحرة التى تتجول حولها ؛ كما هى الحال فى الفطريات الأخرى الخارجية التطفل ؛ مثل الفطر *Arthrobotrys anchonia* .

سادساً : الفطريات المتطفلة على بيض النيماتودا Egg parasites:

هناك قليل من الفطريات المعروفة التى تتخصص فى التطفل على بيض النيماتودا وحوصلاتها . ومن أكثر هذه الفطريات المعروفة الفطر *Rhopalomyces elegans*

الذى ينتشر فى معظم أنحاء العالم (Ellis, 1963) . ولقد تم تسجيل هذا الفطر لأول مرة فى تربة أحد الصوب الزراعية على بقايا النباتات المتعفنة . ووجد هذا الفطر – أيضا – على روث عديد من الحيوانات المتحلل فى التربة ، كما أمكن عزل هذا الفطر بصورة نقية فى المعمل .

ويعتبر الفطر *R. elegans* من الفطريات اللافتة للنظر ، بحوامله الكونيدية الطويلة الباسقة ، ذات الأطراف الدقيقة ، والنهايات المنتفخة الكبيرة (شكل ٨ – ٢٤ – b) . ويغطى سطح الانتفاخ (المثانة) كونيديات كبيرة الحجم بنية اللون ، ذات شكل إهليلجى . وتتصل قاعدة الحامل الكونيدى بالبيئة التى ينمو عليها عن طريق حزمة من أشباه الجذور rhizoids تتفرع إلى فريعات دقيقة داخل البيئة الغذائية .

ويتعرض هذا الفطر – بدوره – للإصابة بفطريات أخرى ممرضة ؛ مثل الفطر *Verticillium psalliotae* ، ويطلق على هذه العلاقة " mycoparasitism " . ويعتبر الفطر *R. elegans* عائلاً متبادلاً لبعض الفطريات الأخرى الممرضة للنبات ؛ حيث يصاب بالفطر *Verticillium alboatrum* الذى يسبب عفناً للتفاوى والبادرات . وفى الوقت الذى يقع فيه هذا الفطر فريسة لغيره من الفطريات الأخرى الممرضة له ، يتطفل هو على بيض النيماتودا ؛ وهذا ما يطلق عليه التوازن الحيوى بين أحياء التربة .

وفى دراسات علمية متعددة ، أمكن الحصول على بيض نيماتودا مصاب بالفطر *R. elegans* ؛ وذلك عن طريق وضع أنثى نيماتودا مخصبة بالقرب من نمو هيفات الفطر الممرض عمرها ثلاثة أيام على سطح بيئة الاجار المائى ، فإذا وضعت أنثى النيماتودا بيضها بالقرب من هيفا الفطر ، تفرع منها فرع يتجه ناحية البيضة ليصيبها . وفى بعض الأحيان تهاجم عديدٌ من هيفات العدوى البيضة الواحدة فى نفس الوقت (شكل ٨ – ٢٣) .

وعندما تتلامس إحدى هيفات العدوى مع سطح بيضة النيماتودا ، ينتفخ طرف الهيفا مكوناً ما يشبه عضو الالتصاق appressorium ، وينشأ عن هذا التركيب أنبوب عدوى دقيق infection tube يخترق غلاف البيضة . وبعد هذا الاختراق ، تنتفخ هيفا العدوى مباشرة مكونة انتفاخاً ما بعد الاختراق post-penetration bulb يشابه فى شكله وحجمه عضو الالتصاق .

وتلى مرحلة العدوى زيادة سريعة فى نمو الهيفات الماصة absorption hyphae للفطر الممرض . وتنمو هذه الهيفات بطريقة غير منتظمة ، بحيث تملأ فراغ البيضة الداخلى ، وتستهلك جميع المواد الغذائية المتاحة .

شكل (٨ - ٢٣) : صورة بالميكروسكوب الإليكترونى الماسح SEM توضح طريقة اختراق هيفات العدوى للفطر *Paecilomyces lilacinus* لبيضة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* .

ولقد لوحظ أن عضو الالتصاق المنتفخ ، وانتفاخ ما بعد الاختراق - فى جميع البيض الذى تم فحصه - من الصفات المميزة لهذه الفطريات الممرضة لبيض النيماتودا ؛ حيث إنه عادة ما يكون هناك تماثل عند نقطة الاختراق بين هذين التركيبين ، وربما يرجع ذلك إلى الضغط الناتج عن اختراق وتد العدوى penetration peg الذى يضغط على غلاف البيضة خلال دخوله .

ويتميز الفطر *Rhopalomyces elegans* بأنه يكوّن جراثيم كبيرة الحجم ، فى حين أن هيفاته نحيفة جدًا لا يتعدى قطرها ميكرونين . وتعمل هذه الهيفات المتجمعة على تكوين نظام قاتل بالنسبة إلى بيض النيماتودا الواقع فى نطاق نمو الفطر الممرض .

وليس من المعروف - على وجه التحديد - العوامل التى تتحكم فى تكوين هيفات العدوى وتحديد اتجاه نموها ناحية بيض النيماتودا ، ثم تكوين أعضاء الالتصاق على

سطح غلاف البيضة . وفى الوقت نفسه لم يتم بعد التعرف على المواد الكيماوية المفرزة من بيض النيماتودا ، والتى تنتشر فى البيئة من حولها مؤثرة على نمو هيفات الفطر الممرض القريبة منها .

وهناك عديد من النظريات العلمية التى تناقش العوامل المؤثرة على نمو هيفات الفطريات الممرضة فى التربة واتجاهها ناحية بيض النيماتودا . وتفترض احدى هذه النظريات أن النشاط الميكروبى فى المواد العضوية المتحللة حديثا تشجع إنبات جراثيم الفطر الممرض *R. elegans* وإنتاج شبكة من الهيفات الفطرية تسبق تكاثر النيماتودا ووضعها للبيض ، والذى يتبعه التحلل البكتيرى للمادة العضوية .

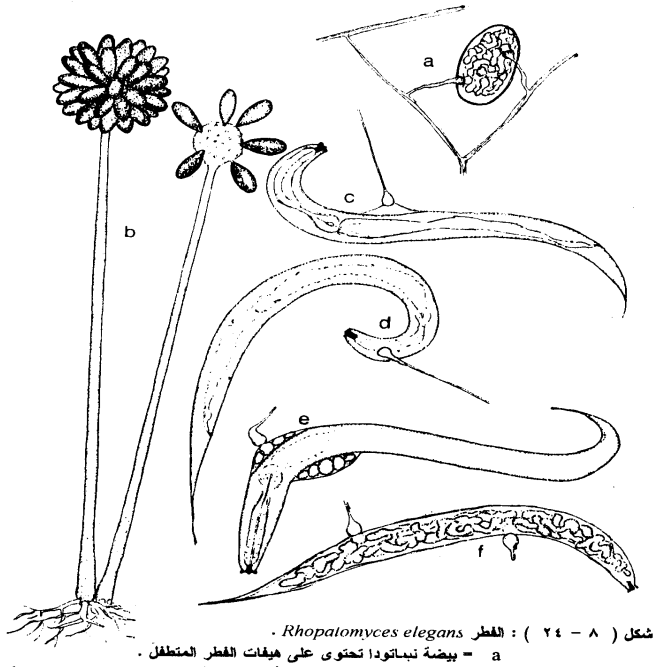
وفى نفس الدراسة السابقة ، وجد أن بعض سلالات بكتيريا *Bacillus cereus* – والتى تنتشر بوفرة فى المادة العضوية المتحللة – تفرز مواد ذائبة فى الماء تعمل على حث جراثيم الفطر *R. elegans* على الإنبات تحت الظروف القلوية . وتعتبر بكتيريا *B. cereus* وغيرها من البكتيريا ، من الأغذية المفضلة للنيماتودا الحرة فى التربة والمواد العضوية المتحللة .

وتحت هذه الظروف من النشاط الميكروبى الكثيف فى المواد العضوية المتحللة ، فإنه ليس مثيرا للدهشة أن يهاجم بيض النيماتودا عديدٌ من الميكروبات المتطفلة . ويبدو من نتائج دراساتٍ أخرى عديدة أن هذا البيض يهاجم بأنواع من الفطريات التى تكون جراثيم هدبية بصفة خاصة ؛ مثال ذلك تلك التابعة لطائفة الفطريات الكيتريدية Chytridiomycetes ، وطائفة الفطريات البيضية Oomycetes .

وعلى الرغم من الدراسات السابقة ، فإنه من المحتمل أن يتعرض بيض النيماتودا لظروفٍ بيئيةٍ غير مناسبةٍ تُفقد هذا البيض حيويته ، ثم تهاجمه بعض الفطريات بعد ذلك . وفى هذه الحالة تكون هذه الفطريات مترممة على البيض الميت وليست متطفلة .

ولقد وجد – أيضا – أن الفطر *R. elegans* يهاجم النيماتودا البالغة فى أطوارها اليرقية (شكل ٨ – ٢٤) . ومن المحتمل أن هناك أنواعا أخرى من الجنس *Rhopalomyces* تتطفل على النيماتودا وأيضا على بيضها . ولقد وجد أيضا أن الأنواع التابعة لهذا الجنس تترمم على روث الحيوانات وعلى المواد العضوية

المتحللة . ولم يشاهد – حتى الان – الطور الكامل (الجنسى) لهذا الفطر ؛ لذلك فهو يصنف ضمن الفطريات الناقصة الهيفية Hyphomycetes .



شكل (٨ – ٢٤) : الفطر *Rhopalomyces elegans* .

a = بيضة نيماتودا تحتوى على هيفات الفطر المتطفل .

b = حامل كونيدى يظهر عموديًا على البيئة التى ينمو عليها ، ومتصلاً من قاعدته بأشباه جذور . ويحمل الحامل كونيديات داكنة اللون على انتفاخ قمى .

c-f = نيماتودا مصابة بالفطر الممرض ، تنمو داخلها هيفات الفطر .

وهناك عديد من الفطريات الأخرى المتطفلة على بيض النيماتودا ؛ مثال ذلك : الفطر *Dactylella oviparasitica* الذى يتطفل على بيض النيماتودا من الجنس *Meloidogyne* ، والفطر *Nemotophthora gynophila* المتطفل على إناث النيماتودا من الجنس *Heterodera* وعلى حوصلاتها ، والفطر *Verticillium chlamydosporium* المتطفل على النيماتودا من الجنس *Heterodera* والجنس *Meloidogyne* ، وأخيرا الفطر *Paecilomyces lilacinus* الذى يتطفل على بيض نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* (شكل ٨ – ٢٣) .

سابعاً - طرق دراسة الفطريات المتطفلة على النيماتودا :

وصف عديد من الباحثين طرقا مختلفة لدراسة الفطريات المتطفلة على النيماتودا ؛ مثل : Duddington (1955) و Wyborn et al, (1969) و Barron (1977) و Gray (1988) و Dackman et al., (1992) .

ومن الطرق المستخدمة فى مثل هذه الدراسات طريقة نثر التربة على سطح الاجار The sprinkle plate method . ويتم ذلك عن طريق نثر كميةٍ قليلةٍ من التربة تتراوح بين نصف جرام وجرام واحدٍ على سطح بيئةٍ فقيرةٍ فى محتوياتها الغذائية ؛ مصبوبة فى أطباق بترى معقمةٍ . ويستخدم لذلك – عادةً – اجار دقيق الذرة المخفف أو الاجار المائى ؛ حيث تحضن الأطباق لعدة أسابيع على درجة حرارة الغرفة .

وتظهر النيماتودا زاحفة على سطح الاجار ، متغذية على مستعمرات البكتيريا ؛ حيث يزداد عدد أفراد هذه العشيرة النيماتودية مع الوقت . وتنمو على سطح الاجار هيفات عديدٍ من الفطريات ، بعضها متطفل على النيماتودا الحرة المتجولة .

ويعمل وجود النيماتودا على تشجيع نمو هيفات الفطريات المتطفلة عليها ، وعلى تكوين تراكيب المصائد الفطرية القانصة للنيماتودا . وتنجذب النيماتودا إلى مثل هذه التركيبات الفطرية ؛ حيث تصاب وتصبح فريسة لهذه الفطريات القاتلة . ويكوّن الفطر هيفاته وحوامله الكونيدية حول ضحيته التى تم اصطيادها.

وهناك عدة طرق – بعضها كمى quantitative ، والاخر نصف كمى semi-quantitative – لتقدير الانتشار النسبى لوحدات الفطريات المتطفلة على النيماتودا

الحرة المتجولة فى التربة . وعلى سبيل المثال ، استعمل Eren & Pramer (1965) طريقة تخفيف التربة soil dilution technique ، وفيها يتم عمل معلق من التربة يضاف إلى بيئة الأجار المائى بعد تخفيفه إلى عدة تخفيفات متتالية ، وبعد ثلاثة أيام من التحضين ، تضاف النيماتودا إلى النموات الفطرية على سطح الاجار .

وتحضن الأطباق البترى – المحتوية على كل من النيماتودا والفطريات النامية على سطح الاجار – لمدة حوالى ثلاثة أسابيع ، وتسجل النتائج ، ويتم تحليلها إحصائيا ، لتقدير العدد الأكثر احتمالا (most probable number (MPN . وعلى الرغم من ذلك ، فعند إضافة عدد معلوم من كونيديات الفطر *Arthrobotrys conoides* ، فإن ما يتم عده على سطح بيئة الاجار لا يتعدى ١٥٪ من العدد الأصلى ، وربما يرجع ذلك إلى تفوق عدد كونيديات الفطر على النيماتودا العائل .

ولقد استعمل Dackman et al (1987) أيضا طريقة تخفيف التربة التى تعتمد على تقدير العدد الأكثر احتمالا MPN . ولقد أعطت هذه الطريقة تقديرا أعلى من عدد الوحدات الفطرية ، يفوق العدد المتحصل عليه من طريقة نثر التربة فوق سطح الأجار .

ويتفاوت عدد الوحدات الفطرية fungus propagules (جراثيم جنسية – كونيديات – هيفات فطرية – جراثيم سابحة – جراثيم ساكنة ... وغير ذلك) تبعا لنوع المواد العضوية الموجودة فى التربة ، ومعاملات السماد والمطهرات الفطرية السابق استعمالها . فعلى سبيل المثال ، أمكن تقدير ٢٠ وحدة من الفطريات المتطفلة على النيماتودا لكل جرام من التربة الجافة فى التربة الزراعية المعاملة بروث الحيوانات المجترة ، فى الوقت الذى قدرت فيه وحدة واحدة فقط من هذه الفطريات لكل جرام من التربة غير المعاملة .

وفى دراسة أخرى ، قدر Stirling et al (1979) عدد الوحدات الفطرية للفطر *Arthrobotrys dactyloides* والفطر *Monacrosporium ellipsosporum* بين ٥ وحدات و ٥٠ وحدة لكل جرام من التربة الجافة المأخوذة من مشتل خوخ بكاليفورنيا.

وفى طريقة أخرى لدراسة الفطريات المتطفلة على النيماتودا ، استعمل Mankau (1975) مرشحات غشائية membrane filters لترشيح معلق التربة ، وبعد ذلك وضع المرشح الغشائى على سطح بيئة اجار دقيق الذرة . وبعد فترة من

التحضين ، تم فحص سطح الاجار ؛ حيث شوهدت النيماتودا والفطريات المتطفلة عليها نامية بعد فترة تحضين تتراوح بين ٦ أيام و ١٢ يوما . ويمكن الاعتماد على هذه الطريقة لمقارنة عيناتٍ مختلفةٍ من التربة والمواد العضوية بطريقةٍ نصف كميةٍ .

وتوضح الطرق غير المباشرة مدى فعالية الفطريات المتطفلة على عشائر النيماتودا فى التربة . ويمكن فحص عينات التربة مباشرة (Kliejunas & Ko, 1975) ، أو عن طريق استخلاص النيماتودا من التربة باستعمال مناخل ذات فتحاتٍ محددةٍ ؛ حيث يؤدى فحص عينات النيماتودا إلى ظهور بعضها مصابا بمصايد الفطريات المتطفلة خارجيًا ؛ مثل الحلقات والعقد اللاصقة ، أو قد توجد عليها حوامل كونيدية لفطرياتٍ متطفلةٍ داخليًا (Capstick et al, 1957) .

وقد تستعمل طرق أخرى لدراسة وعزل هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا ، مثل طمر قطع من السيلوفان فى التربة لفترةٍ ما ، وعند إزالتها وفحصها ميكروسكوبيًا قد يشاهد عليها بعض النيماتودا المصابة بأحد الفطريات الممرضة (Tribe, 1957) .

ولقد تتبع (Cooke (1961 نشاط الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة ؛ وذلك بطمر شرائح زجاجيةٍ مغطاةٍ بطبقةٍ رقيقةٍ من بيئة اجار دقيق الذرة فى التربة ، وإزالتها على فتراتٍ متباعدةٍ وفحصها ميكروسكوبيًا . ولقد أمكن مشاهدة نيماتودا مصابة ببعض الفطريات المتطفلة عليها .

وقد يمكن العثور على الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا ؛ عن طريق اتباع طريقة نثر التربة على سطح الأجار soil sprinkling technique ، ولكن لما كانت هذه الفطريات سريعة فى إصابتها للعوائل النيماتودية، فإن فرصة مشاهدتها تكون أقل بالمقارنة بالفطريات المتطفلة خارجيًا ، ذات الميسليوم الذى يحمل المصائد المختلفة .

ومن ناحيةٍ أخرى ، أمكن عزل الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا عن الفطريات ذات التطفل الخارجى بواسطة اتباع طريقة الطرد المركزى المفرق differential centrifugation ، الذى يعتمد على أن جراثيم الفطريات المتطفلة خارجيًا أكبر من جراثيم الفطريات ذات التطفل الداخلى (Barron, 1969) .

وفى دراسة أخرى (Giuma & Cooke, 1972) أمكن زيادة كثافة الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا endozoic fungi ؛ عن طريق السماح للنيماتودا المصابة بها إلى الهجرة من خلال مرشح من الألياف السيليلوزية tissue-paper .

واستعمل فى الفصل طريقة قمع بيرمان Baermann funnel technique ؛ حيث توضع التربة المشبعة بالماء فى قمع الترشيح بعد الطرد المركزى . ويتركز وجود النيماتودا المصابة على النسيج الورقى ؛ حيث تنقل إلى بيئة اجار دقيق الذرة ، وتحضن لفترة حتى تظهر حوامل الفطر الممرض أو هيفاته .

كما يمكن عن طريق الفحص الميكروسكوبى المباشر البحث عن إناث النيماتودا المكونة للحوصلات والمصابة بأحد الفطريات المتطفلة ؛ حيث تتركز هذه النيماتودا – عادة – على جذور بعض العوائل النباتية المناسبة . وفى بعض الأحيان يمكن عزل حويصلات النيماتودا من التربة بطريقة مباشرة عن طريق استخدام مناخل ذات فتحات معينة .

وتعزل الفطريات التى تهاجم بيض النيماتودا باستعمال بيئة الاجار المائى فى المعمل. وبعد فترة من التحضين ، تظهر هيفات الفطر وحوامله الجرثومية ، ثم يعزل الفطر وينقى ، وبعد ذلك يُعرّف (Dackman et al, 1992)

ثامناً : توزيع وانتشار الفطريات المتطفلة على النيماتودا :

ينتشر وجود هذه الفطريات فى جميع أنحاء العالم ؛ من خط الاستواء حتى القطبين. ويبدو أنه لا توجد فروق معينة فى توزيع وانتشار الأنواع المختلفة من هذه الفطريات فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة باختلاف الظروف الجوية والبيئية المحيطة بها .

ولقد درس (Gray (1983 ١٦١ عينة مختلفة من التربة والمواد العضوية المتحللة من أيرلاندا ، وقسمها إلى مجموعات ، تمثل كل مجموعة بيئة معينة ؛ مثل : تربة الغابات المخروطية ، وتربة الغابات ذات الأشجار العريضة الاوراق ، وتربة النباتات العشبية ، وتربة من منطقة ساحلية ... وهكذا . ولقد أمكن عزل عديد من الفطريات المتطفلة على النيماتودا من جميع العينات التى تمت دراستها .

وكانت أكبر نسبة من هذه الفطريات المتطفلة موجودة فى تربة الغابات المخروطية (٩٠٪ من العينات) ، بينما كانت أقل نسبة (٥٠٪) فى التربة المأخوذة من المناطق العشبية . كما اختلفت أنواع هذه الفطريات من منطقة الى أخرى .

وتوضح نتائج الدراسة السابقة (Gray, 1983) أن نسبة الفطريات المتطفلة داخليا على النيماتودا كانت موزعة على النحو التالى : الأنواع التابعة للجنس *Myzocytium* بنسبة ٩,٣٪ ، والفطر *Verticillium balanoides* بنسبة ٦,٨٪ ، والفطر *Harposporium anguillulae* بنسبة ٦,٢٪ .

وكانت أكثر الفطريات الخارجية التطفل شيوعا فى هذه الدراسة الفطر *Monacrosporium bembicodes* بنسبة ٨,٧٪ ، والفطر *M. mamillatum* بنسبة ٦,٨٪ ، والفطر *M. ellipsosporum* بنسبة ٦,٢٪ .

كما أوضحت النتائج ان هناك نوعين من الجنس *Arthrobotrys* (هما : *A. musiformis* ، و *A. robusta*) ينتشران بدرجة كبيرة فى المناطق العشبية بصفة خاصة ، بينما وجد أن الفطر *A. oligospora* ينتشر فقط فى المناطق الساحلية الدائمة العشب . وعلى الرغم من ذلك ، يعتبر هذا الفطر من أكثر الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا انتشارا فى تربة المناطق المعتدلة .

وفى دراسة أخرى متقدمة (Gray, 1985) تمت دراسة ٢٠٦ عينة تربة فى أيرلاندا ، تم دراسة الفطريات المتطفلة على النيماتودا وعلاقتها بنوع التربة . ولقد أوضحت النتائج وجود ارتباط بين أنواع هذه الفطريات ونوع المادة العضوية الموجودة فى التربة ، ومحتوى التربة من الرطوبة ، ورقم حموضتها .

وعلى سبيل المثال ، وجد أن الفطريات ذات التطفل الداخلى على النيماتودا الحرة (مثل الأجناس : *Drechmeria* ، و *Harposporium* ، و *Myzocytium*) وجدت فى عينات التربة ذات المحتوى المائى العالى وذات رقم الحموضة المنخفضة ، وخاصة عند توفر المادة العضوية بها . وفى مثل هذه الظروف يزداد عدد افراد العشائر النيماتودية التى تناسب تطفل هذه الفطريات عليها .

ويعتبر رقم حموضة التربة هو العامل المحدد لوجود الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة فى التربة ؛ حيث وجد أكثر عدد من هذه الفطريات فى عينات التربة التى كانت رقم حموضتها ٥,٥ .

وقد أشار تحليل النتائج المتحصل عليها – فى مثل هذه الدراسة – إلى أن الفطريات المتطفلة خارجيا تكون مصائدها الفطرية المختلفة تبعا للظروف البيئية المحيطة بها . ففى الفطريات المكونة للهيفات اللاصقة sticky hyphae ، وتلك المكونة للعقد اللاصقة

والفروع اللاصقة .. وجد أن تكوينها لا يرتبط برطوبة التربة أو محتواها من المواد العضوية ؛ بعكس الحال فى الفطريات التى تكون الشباك اللاصقة والحلقات المنقبضة ؛ فانها ترتبط معنويا برطوبة التربة وزيادة المادة العضوية .

ومن ناحية أخرى ، درس Gray & Bailey (1985) التوزيع الراسى للفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة المتجولة فى تربة منطقة غابات الأشجار دائمة الخضرة ؛ حيث وجدت النيماتودا حتى عمق ٣٥ سنتيمترا ؛ وازدادت أعداد وأنواع هذه النيماتودا فى المنطقة السطحية من التربة المتميزة بمحتواها العالى من الدبال .

وتميزت الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة فى المنطقة السطحية السابقة بتكوينها للتفرعات الهيفية اللاصقة sticky branches أو الحلقات المنقبضة constricting rings . وتختلف أنواع النيماتودا ، ويزداد عددها فى هذه المنطقة السطحية بالمقارنة بالمنطقة السفلية ، التى تقل فيها نسبة المادة العضوية .

وتتميز طبقة التربة السفلى بزيادة نسبة الفطريات المتطفلة داخليا على النيماتودا الحرة ؛ مثال ذلك الفطر *Verticillium balanoides* ، بالإضافة إلى بعض الفطريات الأخرى المتطفلة خارجيا على النيماتودا ، والمكونة للشباك الهيفية اللاصقة . ويقل وجود مثل هذه الفطريات فى الطبقة السطحية من التربة .

ولقد درس Ayen & Lysek (1986) توزيع هذه الفطريات فى الأراضى الخفيفة التى تنمو فيها أشجار الخوخ فى ألمانيا ؛ حيث تم عزل عديد من أنواع الفطريات ذات التطفل الداخلى على النيماتودا الحرة ، وخاصة فى فصل الشتاء ، بينما كان عدد هذه الفطريات أقل خلال فصل الصيف .

وأوضحت الدراسة السابقة زيادة عدد هذه الفطريات المتطفلة داخليا على النيماتودا عند زيادة رطوبة التربة ؛ ويرجع السبب الأساسى فى ذلك إلى أن أكثر من نصف الفطريات التى تم عزلها كانت تتبع الجنس *Myzocytium* الذى يكون جراثيم سابحة zoospores.

وتدل نتائج دراسات أخرى عديدة على زيادة انتشار الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا فى التربة ذات المحتوى العالى من المواد العضوية المتحللة . وربما يرجع ذلك إلى زيادة أعداد العوائل النيماتودية التى تتغذى على البكتيريا وهيفات الفطريات والمواد العضوية فى مثل هذه البيئة .

ولقد استعمل Cooke فى أبحاثه العديدة(أعوام ١٩٦٢أ و ١٩٦٣أ و ب و ١٩٦٤ و ١٩٦٨) طريقة قطع الاجار المصبوبة The buried agar disc technique لدراسة نشاط الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا ، والتى تزداد بعد إضافة المادة العضوية إلى التربة . ولقد تم تقدير أعداد العشائر النيماتودية فى التربة عن طريق فصلها باستعمال " قمع بيرمان Baermann funnel " .

وفى دراسة أخرى (Cooke, 1962 a) ، أضيفت ثلاثة جرامات سكروز إلى ٢٥٠ جرام تربة ؛ فأدى ذلك إلى زيادة نشاط الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة زيادة تدريجية ، وصلت إلى أقصى نشاط لها فى النمو بعد أربعة أسابيع ، ثم انخفض نشاطها – بعد ذلك – حيث وصل إلى أدنى مستوى لها بعد اثنى عشر أسبوعا.

وفى نفس الدراسة السابقة ، أظهرت العشيرة النيماتودية نفس السلوك السابق الذى أظهرته الفطريات المتطفلة ؛ فلقد زادت أعداد النيماتودا إلى أعلى مستوى لها بعد خمسة أسابيع من إضافة السكر ؛ حيث وصل عددها إلى ١٥ ضعف العدد الأصلى فى أول الدراسة ، ثم انخفض عدد هذه النيماتودا إلى أدنى مستوى بعد سبعة أسابيع .

وقدر نشاط الفطريات المتطفلة على النيماتودا خلال هذه التجربة ؛ حيث لوحظ أن الفطريات المكونة للمصائد الشبكية اللاصقة adhesive reticulate traps (مثل : *Athrobotrys oligospora* ، و *Drechmeria psychrophila* ، و *Trichothecium cystosporium*) كانت سائدة خلال الفترة المحصورة بين أسبوعين إلى ستة أسابيع من بداية التجربة . وبعد هذه الفترة – خاصة خلال الأسابيع من الخامس إلى الحادى عشر – كانت الفطريات السائدة هى تلك المكونة للتفرعات القصيرة اللاصقة short adhesive branches ؛ مثال ذلك الفطر *Monacrosporium cionopagum* .

وفى تجربة أخرى ، أضيفت كميات مختلفة من السكروز إلى التربة ؛ تتراوح بين جرام واحد وثلاثة جرامات ؛ مما أدى إلى زيادة نشاط الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة ، ثم انخفض هذا النشاط بعد ذلك تدريجيا حتى وصل إلى أدنى مستوى بعد سبعة أسابيع من بداية التجربة .

وعند مستويات أعلى من السكروز ، لم يزد نشاط هذه الفطريات المتطفلة إلا زيادة محدودة ، بينما زاد أفراد العشيرة النيماتودية زيادة معنوية ، واستمرت هذه الزيادة لمدة أطول من سبعة أسابيع ، وهى مدة التجربة .

ومن ناحية أخرى ، أجريت تجارب أخرى مشابهة ؛ وذلك باستعمال مبشور الكرنب بكميات تتراوح بين ٥ جرامات و ٢٠ جراما لكل ٢٥٠ جراما تربة ؛ وذلك كمادة محسنة للتربة (Cooke , 1962b) . ولقد أظهرت نتائج هذه الدراسة زيادة أعداد العشائر النيماتودية الموجودة فى التربة بدرجة أكبر من تلك الزيادة الناتجة عن إضافة السكروز . ومن الجدير بالملاحظة ، أن نشاط الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا قد ازداد أيضا تدريجيا ، ثم انخفض نشاطها إلى الصفر خلال ٤ – ٥ أسابيع.

ولقد ازداد أعداد أفراد العشيرة النيماتودية زيادة سريعة بعد إضافة المادة العضوية المحسنة للتربة ، ثم نقص أعداد النيماتودا بعد ذلك . وعلى الرغم من هذا الانخفاض ، فإن أعداد أفراد النيماتودا كانت عالية نسبيًا ؛ وذلك راجع إلى انخفاض نشاط الفطريات المتطفلة خارجيًا إلى أدنى حدّ ؛ وعلى ذلك فإنه لا يوجد ارتباط بسيط بين مستوى عشيرة النيماتودية ونشاط الفطريات المتطفلة عليها .

وفى بعض الحالات ، تتعاون عديد من الكائنات الحية الدقيقة فى مهاجمة النيماتودا ؛ فعلى سبيل المثال ، يستوطن ماء الصرف الصحى عديدٌ من البكتيريا والفطريات والحيوانات السوطية والهدبية الأولية البسيطة ، بالإضافة إلى النيماتودا التى تتعرض لهجوم هذه الأحياء الدقيقة خاصة الفطريات ؛ مثل الفطر *Gatenaria anguillulae* الذى يكون جراثيم هدبية تسبح فى الوسط المائى ، وأيضا الفطر *Drechmeria coniospora* الذى يكوّن جراثيم كونيدية .

وعند اختبار عينة من ماء الصرف تحتوى على جراثيم الفطريين السابقين فى المعمل على النيماتودا ، وجد أن العشيرة النيماتودية قد قُضى عليها خلال ٢٠ – ٣٠ يوما . وأيضا اختبر الفطر *anguillulae* (.) على عشيرة من النيماتودا كثافتها ١٨٥ فردا لكل ملليلتر ؛ حيث استطاع الفطر السابق القضاء عليها خلال أيام قليلة (Gray, 1985) .

تاسعا : الخصائص البيئية للفطريات المتطفلة على النيماتودا :

تشير عديد من الدراسات البيئية إلى أن الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة – التى تكوّن شباكا لاصقة adhesive networks – تكون سائدة فى المراحل المبكرة من نمو الفطريات

على بيئة الاجار المائى ، وتكون أول الفطريات التى تنمو فى سلسلة تتابع الفطريات المتطفلة على النيماتودا .

وقد يعزى ظهور هذه الفطريات مبكرا إلى سرعة نموها أكثر من غيرها من الفطريات الأخرى المتطفلة خارجيًا على النيماتودا ؛ وبالتالى تزداد قدرتها على منافسة كائنات التربة الدقيقة الأخرى ؛ وذلك يعنى أن هذه الفطريات ذات قدرة ترممية تنافسية عالية competitive saprophytic ability ، بالمقارنة بغيرها من الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا .

ولقد قسم الباحثان Nordbring-Herz & Jansson (1984) الفطريات المتطفلة على النيماتودا إلى ثلاث مجموعات :

المجموعة الأولى : يمثلها الفطر *Arthrobotrys oligospora*

تتميز هذه المجموعة بأنها تضم فطريات سريعة النمو ، ولكنها ليست فعالة فى خفض عدد أفراد العشائر النيماتودية فى الطبيعة .

ومن المثير للانتباه أنه لوحظ أن بعض أنواع الجنس *Arthrobotrys* تلتف هيفاتها حول هيفات بعض فطريات التربة الممرضة للنبات ؛ مثال ذلك : الفطر *Rhizoctonia* ؛ مما يسبب انهيار هيفات الفطر الأخير وتحللها (أبحاث Persson et al., 1985) . ويدل ذلك على أن الفطر *Arthrobotrys* لا ينحصر نشاطه البيئى فى مهاجمة النيماتودا الحرة فقط ، ولكن يمتد نشاطه التطفلى إلى مهاجمة بعض فطريات التربة الأخرى ؛ حيث يتطفل عليها (mycoparasitism) .

المجموعة الثانية : يمثلها الفطر *Dactylaria candida* والفطر *D. gracilis* والفطر *Monocrosporium cionopagum*

تتميز هذه المجموعة بأنها تضم فطريات بطيئة النمو ، وضعيفة الترمم ، ولكنها فعالة فى تطفلها على النيماتودا الحرة ، حيث تخفض عدد أفراد عشائرها فى التربة . ولقد أطلق على أفراد هذه المجموعة اسم " الفطريات المفترسة Predacious fungi " .

المجموعة الثالثة : تتكون من الفطريات الداخلية التطفل ؛ مثال ذلك الفطر *Drechmeria coniospora* ، والفطر *Harposporium anguillulae* :

وتتميز هذه المجموعة بأن فطرياتها بطيئة النمو ، إجبارية التطفل على النيماتودا الحرة ، ولا توجد هذه الفطريات نامية فى الطبيعة بعيدا عن عوائلها النيماتودية ، وليس لهذه الفطريات نشاط ما فى البيئة الخالية من النيماتودا .

وتختلف المجموعات الثلاث السابقة من الفطريات المتطفلة على النيماتودا فيما بينها فى قدرتها على جذب النيماتودا إليها . ولدراسة ذلك استخدم الباحثان Jansson & Nordbring-Hertz فى بحثهما المنشور عام ١٩٧٩ أقراص من الاجار ، بعضها يحتوى على فطريات متطفلة على النيماتودا ، والبعض الاخر يحتوى على فطريات لا تتطفل عليها . ثم وضعت هذه الأقراص فى جهتين متقابلتين فى طبق بترى يحتوى على بيئة اجار دقيق الذرة المخففة ، بينما وضعت أقراص أخرى من الاجار الخالى من النموات الفطرية للمقارنة . وفى مركز الطبق البترى تم وضع معلق مائى يحتوى على بعض أفراد من النيماتودا الحرة ، وتمت مراقبة حركة النيماتودا إلى أقراص الاجار السابقة وذلك كل ٦ ساعات .

وأوضحت النتائج التى تم الحصول عليها أن أكثر الفطريات جاذبية للنيماتودا هو الفطر *Harposporium anguillulae* التابع للمجموعة الثالثة ، يليه الفطر *Monacrosporium ellipsosporum* التابع للمجموعة الثانية ، ثم الفطر *Arthrobotrys superba* التابع للمجموعة الأولى .

وتختلف الوسائل التى تلجأ إليها الفطريات المتطفلة على النيماتودا التابعة للمجاميع السابقة فى جذب ضحاياها من النيماتودا . ففى حالات عديدة توفر هذه الفطريات مصدرا غذائيا للنيماتودا المتغذية على الفطريات ، كما أن هناك دلائل على أن الأعضاء الفطرية الصائدة trapping organs نفسها توفر مزيدا من عوامل الجذب لهذه النيماتودا (Jansson, 1982) .

وتدل عديد من الدراسات الحديثة على أن هناك حوارا – على درجة عالية من التطور والتعقيد – بين كل من الفطريات المتطفلة على النيماتودا وفرائسها من النيماتودا الحرة المتجولة حولها . فعلى سبيل المثال ، يعمل وجود أفراد النيماتودا حول

هيفات الفطر على تشجيع الفطر لتكوين مصائدها المختلفة، محولا سلوكه الغذائى من الترمم إلى التطفل .

واهتم كثير من الباحثين بدراسة العوامل الكيماوية التى تنبه الفطر لتكوين مصائده؛ حيث اكتشف Nordbring-Hertz (1973) أن هذه المواد عبارة عن ببتيدات بسيطة .

بينما أوضحت دراسات أخرى أن هذه المواد قد تكون لاكتينات lectins (بروتينات سكرية متخصصة) . ومازالت هذه المواد تحتاج الى مزيد من الدراسة ؛ للكشف عن تركيبها ودورها فى جذب النيماتودا الحرة إلى شراك الفطر الخادعة ، وأيضا فى تحول السلوك الغذائى لمثل هذه الفطريات .

ومن ناحية أخرى ، وجد ان ميسليوم الفطر المتطفل *A. oligospora* يفرز توكسينا فى فرائسة النيماتودية nematotoxin يجعلها عاجزة عن الحركة . ولقد اختبرت قدرة هذا الفطر على إفراز هذا التوكسين ؛ وذلك عن طريق ترشيح البيئة السائلة التى ينمو عليها الفطر المتطفل فى غياب النيماتودا ؛ فلم يؤثر المترشح على نشاط النيماتودا من الجنس *Rhabditis* ؛ وهذا يدل على عدم تكوين التوكسين . وعلى العكس من ذلك عند اختبار مرشح نفس الفطر النامى فى وجود النيماتودا .

جدول (٨ - ٣) : المجاميع البينية للفطريات المتطفلة على النيماتودا
عن (Persson et al., 1985) .

الصفات	الفطريات المتطفلة خارجيا		الفطريات المتطفلة داخليا
	المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة
أعضاء المصائد	الشباك اللاصقة يتم تكوينها عند وجود العوائل النيماتودية أو بواسطة الحث الكيمائي .	عقد لاصقة ، فروع هيفية لاصقة ، حلقات منقبضة ، حلقات غير منقبضة .	كونيديات لاصقة تلتصق بجليد النيماتودا أو تبتلعها النيماتودا .
طريقة النمو	سريعة النمو ذات قدرة ترممية عالية ، ضعيفة فى خفض عدد أفراد العشيرة النيماتودية .	بطيئة النمو نسبيا ذات قدرة ترممية ضعيفة ، فعالة فى خفض عدد أفراد العشيرة النيماتودية .	غالبا متطفلات اجبارية بطيئة النمو جدا .
أمثلة	أنواع من الجنس *Arthrobotrys* مثل *A. oligospora* و *A. conoides* .	*Dactylaria candida* و *Monacrosporium cionopagum* و *D. gracilis*	*Drechmeria coniospora* و *Harposporium anguillulae*

ويعتبر ميسليوم الفطريات الداخلية التطفل – مثل الفطر *Harposporium anguillulae* ، والفطر *Drechmeria coniospora* – شديد الجاذبية للنيماتودا الحرة المتحولة فى التربة وعلى المادة العضوية . ولقد أظهرت أبحاث اخرى أن جراثيم الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Drechmeria* تجذب هى ايضا هذه النيماتودا الحرة (Jansson, 1982) .

وتنجذب النيماتودا – عادة – للتغذية بالقرب من هيفات الفطر *Harposporium* . ومن المحتمل أن تتغذى هذه النيماتودا على فرائس الفطر السابق بعد تحليلها ، ويؤدى ذلك إلى ابتلاعها لكونيديات الفطر الممرض ؛ مما يجعلها تصاب به بسبب وجود هذه الجراثيم فى قناتها الهضمية .

وعند وجود النيماتودا ، تتنبه كونيديات الفطر *Drechmeria* مكونة براعم لاصقة تتكون عند طرفها الدقيق . ولقد وجد أن النيماتودا التى تتغذى على المستعمرات البكتيرية (مثل نيماتودا *Panagrellus redivivus*) تنجذب إليها هذه البراعم اللاصقة فى منطقة حول الفم ، وهى المنطقة التى توجد بها المستقبلات الكيمائية chemoreception . وهناك دلائل على أن بعض الكربوهيدرات تتركز فى هذه المناطق؛ مما يؤدى إلى مهاجمة البراعم اللاصقة عن طريق ارتباطها باللاكتينات lectins الموجودة على جليد النيماتودا (Jansson & Nordbring-Hertz, 1983,1984) ثم تبدأ هذه البراعم فى الإنبات واختراق جليد النيماتودا .

وتهاجم كونيديات الفطر *Nematoctonus* منطقة الرأس للنيماتودا *Aphelenchus avenae* التى تتغذى على الفطريات ؛ حيث تفرز هذه الكونيديات – عند إنباتها على سطح العوائل النيماتودية – توكسينات ضارة بالنيماتودا nematotoxins ، وهى فعالة حتى فى التركيزات المنخفضة ؛ بحيث تؤدى إلى شلل ضحاياها .

وقد يؤدى تلامس جسم النيماتودا مع كونيدة واحدة من هذا الفطر إلى شلل حركة الفريسة لفترة كافية لإنبات الكونيدة وتكوين هيفا قصيرة تخترق جليد الضحية (Giuma & Cooke 1971) .

ويظهر الفحص الدقيق لجسم النيماتودا الميتة – نتيجة إصابتها بأحد الفطريات المتطفلة داخليا – أنها نادرا ما تهاجم بفطريات التربة الأخرى المترممة ، وربما يكون ذلك راجعا إلى وجود مواد مثبطة لنمو الفطريات الأخرى فى جسم الفريسة ؛ حتى يستأثر الفطر المتطفل بفريسته ، دون أن ينازعه فيها أحد .

وتتكون على هيفات الفطر *Nematoctonus* ذات الروابط الكلابية حوامل كونيدية تحمل كونيديات ، ويدل وجود الروابط الكلابية على هيفات الفطر أنه يتبع الفطريات البازيدية . ولقد أظهرت الأبحاث الحديثة أن الطور الكامل لهذا الفطر هو *Hohenbuehelia* ؛ وهو أحد فطريات عيش الغراب التى تكون أجسامها الثمرية على الخشب المتعفن . ويعتقد أن تطفل هذا الفطر على النيماتودا يتيح له فرصة الحصول على مصدر نتروجينى جيد يسداحتياجاته الغذائية (Barron, 1992) .

ومن الفطريات البازيدية الأخرى التى تنمو على الخشب المتعفن الجنس *Hyphoderma* التابع للعائلة Corticiaceae . وتتكون على ميسليوم هذا الفطر كونيديات يطلق عليها اسم stephanocysts تتركب من خليتين ؛ القاعدية كأسية الشكل، والقمية كروية ذات أشواك مجوفة تحيط بها وتساعدها على التعلق بجليد النيماتودا من الجنس *Aphelenchoides* .

وبعد تعلق هذه الكونيديات بجليد عائلها النيماتودى ، يتم إنباتها ، ثم تخترق جليد العائل مكونة هيفات عدوى تخترق الأحشاء الداخلية ؛ ومحللة الأنسجة ؛ مما يؤدى إلى موت الفريسة فى خلال ٢٤ ساعة من العدوى . ولا يعتقد أن هذا الفطر يفرز توكسينات فى أجسام فرائسه (Liou & Tzean, 1992) .

ومن المثير للانتباه أن ميسليوم عديد من الفطريات البازيدية النامية على الخشب المتعفن – وبعضها يتبع فطريات عيش الغراب – يمكنها أن تشل حركة النيماتودا بسرعة ، وتخترق أجسامها بعد ذلك . ومن هذه الفطريات فطر عيش الغراب المحارى *Pleurotus ostreatus* ؛ الذى يكون خلايا أسطوانية تفرز قطيرات من التوكسين ostreatin ؛ الذى يشل حركة النيماتودا ويجعلها عاجزة عن الحركة .

وتنمو هيفات الفطر الدقيقة لفطر عيش الغراب المحارى منجذبة كيمائيا إلى فتحة الفم فى النيماتودا وتخترقه ، ثم تنمو داخل جسم النيماتودا ؛ محللة أحشاءها ومستفيدة من محتوياتها وخاصة البروتينية (Barron & Thorn, 1987) .

ومن ناحية أخرى ، تختلف كيفية بقاء الفطريات المتطفلة على النيماتودا فى التربة خلال الظروف السيئة . وهناك بعض الأدلة التى توضح قدرة بعض الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا على الترمم عند غياب عوائلها النيماتودية ، بينما يمكن لبعض الأنواع – وخاصة تلك التابعة للجنس *Arthrobotrys* – التطفل على بعض فطريات التربة الأخرى .

كما تستطيع الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا البقاء على قيد الحياة فى التربة فى صورة كونيديات . وتشير بعض الدراسات الحديثة إلى أن المصائد الكونيدية conidial traps التى تكونها بعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا قد تبقى فى التربة لفترة كتركيبات فطرية متحملة الظروف السيئة ، وغياب العائل النيماتودى المناسب .

وتكون بعض الفطريات الداخلية التطفل جراثيم كلاميدية – كما هى الحال فى الأنواع التابعة للجنس *Verticillium* – بينما تكون فطريات أخرى جراثيم بيضية داخل حوصلات النيماتودا أو فى أجسامها الميتة . وقد تحتوى هذه الأجسام الميتة للنيماتودا – فى بعض الأحيان – على هيفات فطرية تبقى ساكنة لفترة ؛ متحملة الظروف السيئة فى التربة .

ومن المعروف – أيضا – عن النيماتودا الحرة التى يتعلق بجسمها المصائد الفطرية الشبيهة بالعقد Knob-like traps للفطر *Dactylaria candida* أن هذه المصائد تظل متعلقة بجليد النيماتودا كأعضاء ساكنة ، حتى بعد انفصالها من هيفات الفطر المتطفل ، وتستمر النيماتودا متحركة من مكان لآخر ؛ حتى تنشط خلايا المصيدة وتصيب النيماتودا.

عاشرا : بيولوجيا الفطريات المتطفلة على النيماتودا :

١ – تكوين الجراثيم :

تكون هذه المجموعة من الفطريات جراثيم جنسية أو لا جنسية . وتتفاوت هذه الجراثيم فى حجمها وأيضا فى طبيعتها ؛ فقد تكون صغيرة أو كبيرة الحجم ، جافة أو رطبة ، داكنة اللون أو فاتحة ، مقسمة أو غير مقسمة . وتعمل هذه الجراثيم على نشر الفطر من مكان وجوده إلى أماكن أخرى بعيدة ، وأيضا تساعد هذه الجراثيم على تحمل الفطر لظروف البيئة السيئة .

وبعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة تكون جراثيم متحركة بأسواط ، بينما معظم الجراثيم التى تكونها هذه الفطريات تكون غير متحركة . كما أن معظم الجراثيم تأخذ أشكالا كروية أو بيضية أو إهليلجية ، بينما تكون بعض الفطريات جراثيم

ذات أشكال غريبة غير مألوفة ، مثل شكل عظمة الكتف فى الإنسان ، أو شكل الحذاء ذى الكعب العالى .

ويعتبر الحجم المتوسط لهذه الكونيديات هو المثالى ، بحيث لا تكون كبيرة بدرجة يصعب انتشارها ، ولا صغيرة بدرجة لا تجعلها تحمل غذاء كافيا يحفظ حياتها حتى تجد فريستها من النيماتودا الحرة . ويلاحظ أن كونيديات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا تكون ذات جراثيم كبيرة الحجم عادة ، بعكس الحال فى الفطريات ذات التطفل الداخلى التى تكون جراثيم صغيرة الحجم .

ومن الأهمية بمكان أن تكون الكونيدة موجودة فى المكان المناسب والوقت الملائم ؛ حتى تتوفر لها الفرصة فى إصابة عائلها النيماتودى واستكمال دورة حياتها بتكوين كونيديات جديدة ؛ لذلك نجد أن الفطريات ذات التطفل الخارجى تكون أعدادا قليلة من الكونيديات ، بينما يزداد عدد الكونيديات التى تكونها الفطريات المتطفلة داخليا .

وتتميز كونيديات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة بأنها تحتاج إلى كمية كبيرة من الغذاء المدخر يكفى احتياجاتها بداية من الإنبات حتى تكوين نموات هيفية تحمل مصائد لقنص النيماتودا . ومثال ذلك الكونيديات الكبيرة الحجم التى يكونها الفطر *Arthrobotrys anchonia* التى تنبت مكونة هيفات تحمل حلقات منقبضة يتراوح عددها من ٥ إلى ٧ حلقات (شكل ٨ – ٢٦) ، بينما تكون الجراثيم الصغيرة للفطر *Dactylaria brochopaga* حلقة واحدة فقط (شكل ٨ – ٢٥) .

وعلى ذلك فإن كونيديات الفطر المتطفل خارجيا على النيماتودا تنبت مكونة عضوا واحدا على الأقل لاصطياد فرائسها ؛ فإذا تكونت حلقة ضاغطة من هذه الكونيدة ، نجد أن قطر الحلقة حوالى ٣٠ ميكرونا ، وسمك خلايا الحلقة حوالى ٥ ميكرونات ؛ لذلك نجد أن أصغر كونيدة يجب أن تكون كبيرة بدرجة تكفى لوجود غذاء مدخر يكفى لتكوين التراكيب الفطرية السابقة .

أما فى الفطريات المتطفلة داخليا ، فهى تكون كونيديات صغيرة الحجم ، ولكن بأعداد كبيرة ؛ حيث تبقى هذه الكونيديات فى مكان تكوينها منتظرة فرصة مرور أحد أفراد النيماتودا الحرة بجوارها ، فإما أن تلتصق بجليدها ، وإما أن تبتعلها هذه النيماتودا مع المواد العضوية وتمر خلال قناتها الهضمية .

وعند إنبات هذه الكونيديات ، تعمل هيفات العدوى على اختراق جسم النيماتودا ، سواء من الجليد فى حالة الإصابة الخارجية ، أم من منطقة القناة الهضمية فى الإصابة الداخلية ؛ وعلى ذلك فإن الطاقة التى تحتاج إليها هذه الجراثيم لاحداث العدوى تكون محدودة ؛ لذلك نجد أن هذه الجراثيم تكون – عادة – صغيرة الحجم .

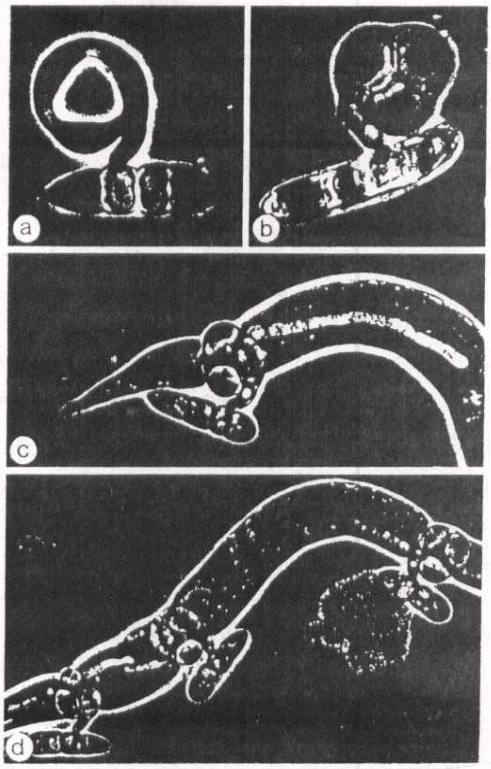
ويصل قطر كونيديات الفطريات الداخلية التطفل إلى أقل من ٣ ميكرونات ؛ ففى الفطر *Verticillium sphaerosporum* يتراوح قطر الكونيديات بين ميكرونين وثلاثة ميكرونات ، وفى الفطر *Plesiospora globosa* يبلغ قطر الكونيدة ميكرونين . وقد يصل قطر الكونيدة إلى أصغر من ذلك ؛ حيث قد يصل قطرها إلى حوالى ١,٣ ميكرونا ؛ كما فى الفطر *Paecilomyces coccospora* .

وتهاجم بعض كونيديات الفطريات الداخلية التطفل فرائسها من النيماتودا الحرة عن طريق ابتلاعها واستقرارها فى التجويف الفمى ؛ مثال ذلك كونيديات الفطر *Harposporium diceraeum* (أبعاد الكونيديات ٣,٥ – ٤ x ١ – ١,٥ ميكرونا) ، والفطر *H. sicyodes* (أبعاد الكونيديات ٣ – ٥ x ٠,٩ – ١,٢ ميكرونا) . وتعتبر كونيديات الفطر الأخير أصغر الجراثيم الفطرية المعروفة .

وهناك حالات شاذة فى الفطريات داخلية التطفل على النيماتودا ، تشاهد فيها كونيديات كبيرة الحجم نسبيا ، كما تشاهد أيضا أشكال متباينة من هذه الكونيديات ؛ مثل: الإبرى ، والحلزونى ، وبعضها ذات أشكال يصعب وصفها . فعلى سبيل المثال يكون الفطر *Harposporium diceraeum* كونيديات تشبه الحذاء ذا الكعب العالى ، بينما يكون الفطر *H. bysmatosporum* كونيديات تأخذ شكل عظمة الكتف فى الإنسان، وفى الفطر *H. rhynchosporum* تشبه كونيدياته شكل بيضة حديثة الفقس يخرج منها كتكوت (شكل ٨ – ١٦) .

وتأخذ كونيديات الفطريات الداخلية التطفل – التى تتعلق بعضلات مرئ النيماتودا – شكلا هلاليا أو حلزونيا ، ويكون لهذه الكونيدات نهاية مدببة تساعدها على التعلق بألياف العضلات والاستقرار فى هذا المكان ؛ حتى يتم لها الإنبات وإحداث العدوى .

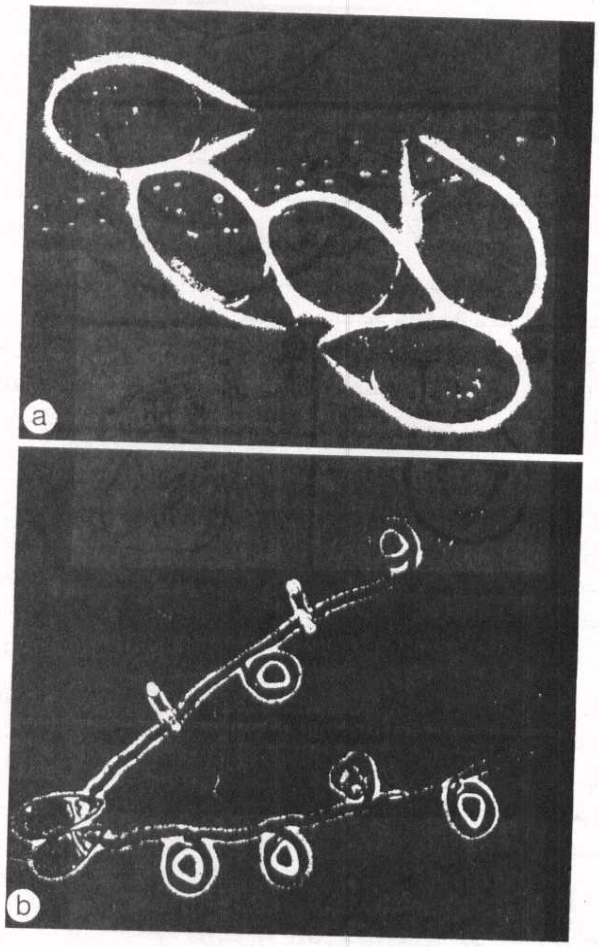
وتتميز كونيديات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة بأنها جافة ، محمولة على قمة حامل كونيدى يساعد على نثرها عن طريق الهواء . وتظهر هذه الحوامل الكونيدية عمودية على المادة التى تنمو عليها هيفات الفطر .



شكل (٨ – ٢٥) : الفطر *Dactylaria brochopaga* حيث تثبت الكونيديات فيه بإعطاء حلقة ضاغطة مباشرة .

a = حلقة مفتوحة . b = حلقة مقفولة .

c.d = هيفات العدوى infection hyphae للفطر تنمو داخل جسم العائل النيماتودى. وتظهر الخلايا الثلاث للحلقة بوضوح ؛ لأن قوة الضغط على جسم النيماتودا أدى إلى تمزق جسمها .



شكل (٨ - ٢٦) : الفطر *Arthrobotrys anchonia* .

a = كونيديات الفطر .

b = كونيديات نابتة فى وجود النيماتودا ؛ حيث تتكون حلقات ضـاغطة على هيفات الفطر .

وقد يحمل الحامل الكونيدى كونيدةً واحدةً على قمته ، بينما تحمل حوامل كونيديـــة أخـــرى قليلاً من الكونيديات . وفى بعض الفطريـــات تحمـــل حواملـــها عديـــد مـــن الكونيديات المتجمعة على قمتها . ويعتبر الفطـــر *Arthrobotrys oligospora* أكـــثر الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتـــودا وفرةً فى تكويـــن الكونيديـــات . ويتمـــيز الحامل الكونيـــدى فى هذا الفطر بأنه كـــاذب المحور ؛ حيث تنتهى قمته بتكوين عنقودٍ من الكونيـــديات ، ثم يستكمل الحامـــل نمـــوه مـــرةً أخـــرى حـــاملاً مزيـــداً مـــن الكونيديات (شكل ٨ – ٧ – a) .

وفى الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا ، تنتج الكونيديـــات – عـــادةً – فـــى مـــادةٍ هلاميةٍ لزجـــةٍ ، وقد تنتشر هذه الكونيديات عن طريق طرطشة الماء ، وكذلـــك عن طريق حملها على جسم بعض حيوانات التربة الدقيقة كالحلم . وترتفـــع الحوامـــل الكونيدية مســـافة قصيرةً نسبيًا عن مستوى المادة العضوية التـــى توجـــد بـــها هـــذه الفطريات ؛ حيث تكون فى متناول النيماتودا الزاحفة على سطح البيئة وحيوانات التربة الدقيقة الأخرى التى تقوم بنقلها .

وهناك سبب آخر لحمل كونيديات هذه الفطريات فوق مستوى المادة العضوية التـــى يوجد بها الفطر ؛ حيث إن ارتفاعها عن البيئة العضوية يبعدها عن فعل كائنات التربـــة التى تهاجم هذه الكونيديات وتتغـــذى عليها ؛ مثال ذلك : الحلم، ومفصليات الأرجـــل ، والبروتوزوا ، والنيماتودا المتغذية على الفطريات ، وغير ذلك مـــن الكائنـــات الحيـــة الأخرى .

وكم شوهدت أميبا تلتهم كونيديـــات الفطـــر *Harposporium* spp. وغـــيره مـــن الفطريات الأخرى المتطفلة على النيماتودا . وهكذا فإن كثـــيراً مـــن كونيديـــات هـــذه الفطريات المتطفلة تكون وجبة غذائية شهية لعديدٍ من أحياء التربة الدقيقة ؛ مما يقلـــل من أعـــداد هذه الفطريات إلى مستوى منخفـــض ، وخاصـــة عنـــد غيـــاب العوائـــل النيماتودية المناسبة ، والتى يؤدى وجودها إلى زيادة نمو هذه الفطريات إلى مســـتوى متزن حيويا .

وعندما ترتفع هـــذه الكونيديات محمولة على حواملـــها - فـــوق مســـتوى المـــادة العضوية التى ينمو عليها ميسليوم الفطر – فإن ذلك يحمى هذه الكونيديات من متنـــاول حيوانات التربة الأولية microfauna ، ويجعلها قادرة على إحداث العـــدوى للنيمـــاتودا الحرة لأطول فترة ممكنة .

ولقد أوضحت الدراسات – التى أجريت على الفطر *Arthrobotrys oligospora* وغيره من الأنواع الأخرى التابعة للفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا – أنه عندما تسقط الكونيديات على سطح المادة العضوية التى تنمو عليها هيفات الفطر ، فإنها سرعان ما تتحلل وتموت بفعل أحياء التربة الدقيقة ، بينما يؤدى حملها على حواملها الكونيدية المرتفعة نسبيا إلى حمايتها من ذلك .

وتكون بعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا جراثيم جنسية sexual spores ، كما هى الحال فى الفطر *Myzocytium* الذى يكون جراثيم بيضية . وفى هذا الفطر تتكون على الهيفات الفطرية جاميطات مذكرة antheridia وجاميطات مؤنثة oogonia، تتحد معا لتكوين جراثيم بيضية سميكة الجدار thick-walled oospores . وتتكون هذه الجاميطات على نفس الثالوس الفطرى ؛ لذلك يوصف مثل هذا الثالوس بأنه " متشابه homothallic thallus " .

وتعتبر الحالة السابقة نادرة الحدوث فى الفطريات المتطفلة على النيماتودا ؛ حيث إن معظم هذه الفطريات لا تكون أطوارا جنسية ، ولكنها تعتمد فى تكاثرها على تكوين الجراثيم اللاجنسية . وتعتبر الجراثيم الجنسية – على أية حال – وسيلة من وسائل حفظ النوع أكثر منها وسيلة للتكاثر وزيادة العدد ؛ حيث إنها تتكون – عادة – بأعداد قليلة نسبيا ، كما أنها تتحمل الظروف السيئة بالمقارنة بالجراثيم اللاجنسية .

وهناك بعض التراكيب الفطرية اللاجنسية الأخرى التى تكونها عديد من الفطريات المتطفلة على النيماتودا بغرض مواجهة الظروف البيئية السيئة ؛ مثال ذلك تكوين الجراثيم الكلاميدية chlamydospores ذات الجدار السميك واللون الداكن . وتتكون هذه الجراثيم فى الفطريات المتطفلة داخليا وخارجيا على النيماتودا .

وعلى سبيل المثال ، يكون الفطر *Harposporium anguillulae* حوامل كونيدية تحمل كونيديات بعد أن تحلل هيفاته جسم الفريسة النيماتودية . وعند فحص جسم هذه الفريسة، تشاهد هيفات الفطر ذات الخلايا المنتفخة نتيجة امتلائها بالبروتوبلازم ، كما تحاط بجدار سميك داكن اللون ، وتسمى هذه الخلايا بـ " الجراثيم الكلاميدية " (شكل ٨ – ٢١ – c) .

وتتحرر هذه الجراثيم الكلاميدية بعد تحلل جسم العائل النيماتودى ؛ حيث تنبت فى الظروف المناسبة ؛ مكونة حوامل كونيدية تحمل كونيديات على قمة

الحوامل. وتعتبر هذه الكونيديات مادة لقاح أولى لعدوى جديدة لمزيد من الضحايا النيماتودية .

وينتج الفطر *Harposporium bysmatosporum* سلاسل من الجراثيم المفصلية arthrospores ، تنتج عن تجزؤ هيفاته المقسمة ، بينما لا يكون الفطر جراثيم كلاميدية. ومن المحتمل أن تقوم الجراثيم المفصلية مقام الأطوار الساكنة فى تحمل الظروف السيئة .

ويكون الفطر *Meristacrum* تركيبات فطرية كبيرة الحجم من الثالوس الفطرى ، تتكشف لتكون جراثيم كلاميدية سميكة الجدر ذات شكل كروى . وعند إنبات هذه الجراثيم الكلاميدية ، يظهر منها حوامل كونيدية تحمل كونيديات تشابه تلك التى تتكون عند إنبات التركيبات الفطرية الجسدية thallodic segments .

كما تنتج بعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا جراثيم ساكنة ، يمكنها تحمل الظروف البيئية السيئة من حولها ، وأحيانا تكون مثل هذه الجراثيم شائعة ؛ مثال ذلك : الكونيديات التى يكونها الفطر *Arthrobotrys flagrans* . ولكن مثل هذه الجراثيم نادرة الوجود فى هذه المجموعة من الفطريات .

وإذا أخذنا فى الحسبان أهمية هذه الجراثيم الساكنة فى بقاء الفطريات المتطفلة على النيماتودا – وخاصة تحت الظروف البيئية السيئة – فلعله يكون من المثير للدهشة أن كثيرا من هذه الفطريات لا تكون جراثيم كلاميدية ، وعلى الرغم من ذلك فهى تستطيع مجابهة الظروف الصعبة ، فما الوسيلة التى تعتمد عليها مثل هذه الفطريات ؟

لعله من الصعب الإجابة عن مثل هذا التساؤل إجابة واقعية دقيقة ، ولكن هناك بعض الاحتمالات . فمن الممكن أن تبقى هذه الفطريات ساكنة داخل عوائلها النيماتودية خلال الفترات البيئية السيئة مثل الجفاف . وربما تؤدى دراسة دورة حياة النيماتودا الحرة دراسة جيدة إلى فهم الدور الذى تلعبه هذه العوائل مع الفطريات المتطفلة عليها .

ومن ناحية أخرى ، فإن وجود الطور الجنسى الكامل فى بعض الفطريات يغرى الباحثين والدارسين بمحاولة التنقيب عن الأطوار الجنسية للفطريات الأخرى المتطفلة على النيماتودا ، والتى تستطيع الصمود أمام تلك الظروف البيئية السيئة .

٣ – آلية تكوين المصائد :

تسلك هيفات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا سلوكا مترمما فى البيئة التى تنمو فيها ، والتى تخلو من العوائل النيماتودية ؛ فعلى سبيل المثال عند إنماء الفطر *Dactylella bembicodes* بصورة نقية على بيئة غذائية فى المعمل لا تتكون على هيفاته حلقات صائدة .

ويتغير سلوك هذه الهيفات الفطرية عند وجود العائل النيماتودى ؛ فمثلا عند إضافة قطيرات من معلق مائى يحتوى على النيماتودا على هذه الهيفات الفطرية ، فإن ذلك يشجع الهيفات على تكوين الحلقات . وفى دراسة أخرى أمكن حث الهيفات على تكوين الحلقات عند إضافة مترشح معقم لبيئة غذائية سائلة كانت تنمو فيها النيماتودا . ويعنى ذلك أن وجود النيماتودا فى البيئة يعمل على إفراز مركب أو مركبات تحث الفطر على تكوين أعضاء قنص النيماتودا .

ولقد تبع هذه المشاهدات دراسات أخرى ، أوضحت أن ظهور هذه الحلقات الفطرية على الهيفات ليس مرتبطا بوجود النيماتودا وإفرازاتها فقط ، بل إن بعض المواد المفرزة أو المتكونة فى بعض الأعضاء الحيوانية يمكنها أيضا حث الفطر على تكوين مصائده ؛ مثال ذلك سيرم دم الإنسان ومستخلص ديدان الأرض .

وقد اهتم كثير من الباحثين بدراسة بعض العوامل البيئية التى قد تؤثر فى تكوين المصائد النيماتودية على هيفات الفطريات المتطفلة خارجيا ؛ حيث وجد أن إضافة هيفات الفطر على الثلج الذائب فى درجة حرارة الغرفة ، أو إلى ماء المطر يعمل على تشجيع الفطر لتكوين هذه المصائد .

ولقد فسر بعض الباحثين النتائج السابقة على أساس أن ماء المطر تذوب فيه بعض مركبات الأمونيوم وثانى أكسيد الكربون ؛ حيث يكونان معا كربونات أمونيوم ؛ والتى تعمل على حث هيفات الفطر على تكوين الحلقات الصائدة للنيماتودا .

وأيضا عند إضافة قطرات من محلول ١–٢٪ من كحول الإيثانول إلى النموات الهيفية لهذه الفطريات ، فإن ذلك يدفعها إلى تكوين مصائد الفطر ، وكذلك الحال عند إضافة قطرات من محلول ٠,١ عيارى من الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم NaOH) المجهز فى الماء المقطر (رقم حموضتة ٧,٥ – ٧,٨) إلى نموات الفطر .

ولقد اقترح الباحثان Pramer & Stoll (1959) إطلاق المصطلح العلمي نيمين nemin للدلالة على المادة أو المواد التى تشجع الفطر على تكوين مصائده . ولقد وجد هذا المركب فى البيئة السائلة التى تنمو فيها النيماتودا *Neoaplectana glaseri* ؛ حيث شجعت هذه المادة هيفات الفطر *Arthrobotrys conoides* على تكوين شباكه الصائدة للنيماتودا .

ولا تتأثر مادة النيمين nemin بالحرارة ؛ حيث تظل فعالة حتى بعد غليانها فى محلولها المائى عند ١٠٠ م لمدة ١٠ دقائق . ولقد وجد الباحثان Pramer & Kuyama (1963) أن المركب نيمين nemin عبارة عن ببتيد ذى وزن جزيئى منخفض نسبيا ، وقد يكون حمضا أمينيا . واختبر الباحثان ١٣ بروتينا و ٤٩ ببتيدا و ٢٧ حمضا أمينيا مختلفا ، ومع ذلك فشلت جميعها فى حث هيفات الفطر على تكوين الأعضاء الفطرية المتخصصة فى قنص النيماتودا .

وفى دراسة أخرى على الفطر *Arthrobotrys conoides* ، وجد الباحثان Wotton & Pramer (1966) أن مستخلص الخميرة يشجع هذا الفطر على تكوين أعضاء قنص النيماتودا . وعند استعمال طريقة الفصل الكروماتوجرافى لتنقية المركبات الموجودة فى مستخلص الخميرة ، وجد أن المادة الفعالة هى الأحماض الأمينية فالين Valine وليوسين Leucine وايسوليوسين Isoleucine . ومن هذه الأحماض الأمينية، وجد أن الفالين Valine هو أكثر الأحماض الأمينية تأثيرا على حث هيفات الفطر لتكوين أعضاء اصطياد النيماتودا .

وفى بحث اخر ، وجد Nordbring-Hertz (1973) أن الفطر *Arthrobotrys oligospora* يمكن حثه على تكوين مصائده عن طريق إضافة بعض الأحماض الأمينية إلى نمواته الهيفية ، بينما أدت إضافة الببتيدات إلى تأثير أكثر فاعلية على حث الفطر .

وفى مثل هذه الدراسات ، يجب وضع مستوى المواد الغذائية المتاحة للفطر المتطفل على النيماتودا فى البيئة فى الحسبان ، كما يجب مراعاة اختلاف النتائج التى يتم الحصول عليها باختلاف نوع الفطر المتطفل على النيماتودا تحت الدراسة .

فعند إنماء أحد الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا باستعمال بيئة الاجار المائى أو بيئة أجار دقيق الذرة المخففة ، لوحظ أن هيفات الفطر النامية على سطح

الاجار لا يتكون عليها مصائد فطرية ، حتى لو أضيفت إلى البيئة الببتيد الثنائى فالين – فينيل الانين (Valine-Phenylalanine) .

وعلى العكس من ذلك ، وجد أنه عند إضافة الببتيد الثنائى السابق (فالين – فينيل ألانين) إلى بيئة الاجار المائى أو بيئة اجار دقيق الذرة المخففة بالاضافة إلى بعض الأملاح المعدنية ، أو عند استعمال بيئة الأملاح المعدنية الصناعية المضاف إليها الببتيد الثنائى السابق ، تكونت على هيفات الفطر مصائد نيماتودية بوفرة .

وتفسر المشاهدات السابقة تكوين هيفات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة لمصائدها ، عندما ينمو الفطر محللا المركبات البروتينية العضوية التى تفرز من جسم النيماتودا ، وأيضا عند تحلل الفرائس النيماتودية .

وفى دراسة قام بها (Feder et al ، 1960) استخدم خلالها فرد واحد من نيماتودا ميتة مجففة تتبع النوع *Panagrellus redivivus* ، فإن ذلك حث هيفات الفطر المتطفل *Dactylella doedycoides* على تكوين مصائده ، وذلك عند وضع هذه البقايا الجافة للنيماتودا على بعد سنتيمتر واحد من هيفات الفطر ؛ وهذا يدل على أن المواد المشجعة على تكوين المصائد موجودة فى جسم النيماتودا ، وتنساب إلى الخارج بكميات قليلة .

ولقد ناقش (Feder et al (1963 النتائج السابقة ؛ حيث استطاع جسم جاف لفرد واحد من النيماتودا حث الفطر على تكوين المصائد على هيفاته ، فإن كمية المواد الفعالة فى محلول يحتوى على مليون نيماتودا تستطيع أن تحث هيفات الفطر على تكوين هذه المصائد إذا تم تخفيف هذا المحلول ؛ وعلى ذلك فإن المادة المشجعة nemin تتركز فى جسم النيماتودا نفسها كمادة أولية (endogonous nemin (EN .

وقد اختبرت مادة النيمين nemin على عديد من أنواع الجنس الفطرى *Dactylella*، ووجد أن هذه الأنواع تتباين فى مدى تأثرها بالمادة المختبرة ؛ فعلى سبيل المثال أمكن حث الفطر *D. cionopaga* على تكوين مصائد نيماتودية عند تخفيف $١٠^{-٦}$ من محلول النيمين (جزء واحد فى المليون) ، فى حين أن التركيزات الأعلى من ذلك لم تكن فعالة فى فطريات أخرى ؛ مثال ذلك الفطر *D. bembicodes* الذى لم يحث حتى تركيز $١٠^{-٢}$ (عشرة الاف جزء فى المليون) والفطر *D. drechsleri* حتى تركيز $١٠^{-٣}$ من محلول النيمين (ألف جزء فى المليون) .

ولقد ساورت الشكوك بعض الباحثين فى أن تكون مادة النيمين nemin هى المادة الحقيقية المسئولة عن حث هيفات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة لتكوين تراكيب المصائد الفطرية ، ويرجع ذلك إلى أن الفطر *D. ellipsospora* لم يستجب لهذه المادة ، ولكنه تأثر بوجود النيماتودا الحية حول هيفاته وكون مصائده النيماتودية ، وبذلك يكون هناك عامل أخر مصدره النيماتودا الحية وليست مادة النيمين.

وفى دراسة أخرى ، وجد Monoson et al, (1974) أن المادة التى تحث على تكوين النيمين endogenous nemin – والتى تم استخلاصها من خمسة أنواع مختلفة من النيماتودا – استطاعت حث الفطر *Monacrosporium doedycoides* على تكوين مصائده . ووجد الباحثون أن هناك اختلافات كمية فى قدرة المادة المستخلصة من النيماتودا المختلفة على إثارة الفطر ودفعه لتكوين أعضاء القنص .

ومن ناحية أخرى أظهرت نتائج البحث السابق أن دراسة تخليق الحمض النووى RNA أوضحت أن مادة ٦ميثيل بيورين 6-methyl purine يتم تثبيطها ؛ وهذا يعمل على خفض حث الفطر لتكوين مصائده nemin-induced trap formation ؛ مما يدل على أن مادة النيمين قد تكون فعالة على مستوى نسخ الشفرة الوراثية .

ولقد وجد – بعد ذلك – أن تكوين المصائد المرتبطة بمادة النيمين فى سلالتين من الفطر *Arthrobotrys conoides* مرتبط بتركيز ثانى أكسيد الكربون فى البيئة ؛ حيث ثبط تكوين هذه المصائد الفطرية عند تركيزات منخفضة منه . وأظهرت هذه الدراسة أن إحدى سلالتى الفطر المختبر دفعت ميسليومها إلى تكوين المصائد فى الجو العادى (٠,٣٪ ك أ٢) ، بينما أظهرت السلالة الثانية أفضل معدل لتكوين هذه المصائد عندما ارتفع تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٪ ؛ وقد أثر ذلك على معدل توزيع السلالات الفطرية الفعالة فى اصطياد النيماتودا فى الطبيعة .

وعلى الرغم من الدراسات الكثيرة السابقة ، فإن حث هيفات الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة على تكوين مصائدها لم يكن ضروريا فى عديد من العزلات الفطرية المختبرة ؛ حيث تكونت هذه التركيبات الفطرية بصورة تلقائية على هيفات تلك الفطريات النامية بصورة نقية على بيئة الآجار فى المعمل .

وفى مثل هذه الحالات السابقة ، وجد أن العامل الذى ينبه الهيفات إلى تكوين المصائد قد يكون عاملا ميكانيكيا ؛ مثال ذلك أنه عند نمو هيفات الفطر المتطفل

Arthrobotrys dactyloides على بيئة الاجـــار فى الأطـــباق البتـــرى ، فإن ملامسة هيفات الفطر لزجاج الطبق – عندما يمتلئ بالنموات الهيفية – يدفع هذه الهيفات لتكوين المصائد الفطرية .

ولكن هناك أبحاثا أخرى تتعارض نتائجها مع النتائج السابقة ؛ فعلى ســـبيل المثـــال وجد الباحثان (1972) Balan & Lechevalier أن تكوين هذه المصائد الفطرية فـــى الفطر *A. dactyloides* يمكن حثه عن طريق توفير ظروف غـــير مناســـبة للنمـــوات الهيفية للفطر ؛ مثل نقص الغذاء أو الجفاف .

وبعض الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا تكون حلقاتها الصائدة للنيمـــاتودا بعد فترة قصيرة من إنبات جراثيمها ؛ بصرف النظر عن وجود النيماتودا من عدمـــه . فعلى سبيل المثال وجد (1960) Feder et al أن كونيديـــات الفطـــر *Dactylella doedycoides* تنتج حلقاتها الفطرية بصورة تلقائية خـــلال ٤٨ ســـاعة مـــن إنبـــات جراثيمها. وكـــذلك تكون بعض كونيديات الفطريات المتطفلة علـــى النيمـــاتودا عقـــدا لاصقة بعد إنباتها مباشرة ، وخاصة فى الكونيديـــات الحساســـة لتضـــاد الميكروبـــات الأخرى الموجودة حولها فى التربة .

وفى حالات أخرى وجد أن نقص العناصر الغذائية – فى البيئة التى ينمـــو عليـــها الفطر المتطفل – يدفع هيفاته إلى تكوين المصائد ؛ فعلى سبيل المثال وجـــد أن إنبـــات كونيديات الفطر *Arthrobotrys anchonia* على طبقة رقيقة من الاجار المـــائى أدت إلى إنبات هذه الكونيديات خلال ٢٤ ساعة ؛ منتجة هيفات تحمل ٣ – ٧ حلقات صائدة للنيماتودا ، بينما إنبات هذه الكونيديات على بيئة الاجار المغذى أدى إلى إنتاج هيفات لا تحمل حلقات صائدة .

حادى عشر : استخدام الفطريات فى المكافحة الحيوية للنيماتودا:

تنتشر الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة فى الطبيعة ؛ ســـواء فـــى التربـــة الزراعية أم على المواد العضوية المتحللة ؛ حيث تتطفل هذه الفطريات على عديد مـــن العوائل النيماتودية المختلفة .

ومن الطبيعى اعتبار هذه الفطريات المتطفلة عاملا هاما فـــى المكافحـــة الحيويـــة للنيماتودا الضارة بالنبات ، وذلك منذ ٦٠ عاما مضت حتى الان . ولقد بدأت محاولات

استخدام هذه الفطريات المتطفلة فى مكافحة النيماتودا المتطفلة على النبات فى " هاواى" عن طريق (1937) Linford الذى لاحظ أن إضافة السماد الأخضر فى صورة أوراق الحشائش المقطعة يؤدى إلى تزايد أعداد النيماتودا الحرة ، ثم تتبعها زيادة فى نشاط الفطريات المتطفلة عليها .

وتعمل هذه الفطريات المتطفلة على مهاجمة عشائر النيماتودا ؛ مما يؤدى إلى خفض أعدادها بدرجة كبيرة . ولا تهاجم هذه الفطريات النيماتودا الحرة فقط ، بل تهاجم أيضا النيماتودا المتطفلة على النبات ؛ مثل : *Heterodera marioni* المسببة لمرض تعقد الجذور فى الأناناس .

ولقد أوضح (1939) Linford & Yapp أن الحقن الصناعى للتربة المزروع فيها شجيرات الأناناس بالفطريات المتطفلة على النيماتودا – وخاصة الفطر *Monacrosporium ellipsosporum* – مع إضافة محسنات نمو عضوية ، أدى إلى خفض أعداد النيماتودا *H. marioni* ، وزيادة معتدلة فى نمو العائل النباتى .

كما وجد (1993) Goody et al., أنه يمكن مكافحة بعض النيماتودا الممرضة للنبات من الأجناس *Heterodera* و *Meloidogyne* حيويا تحت ظروف الصوبة أو فى الحقل وذلك باستعمال بعض الفطريات مثل *Arthobotrys oligospora* و *Gliocladium roseum* و *Paecilomyces lilacinus* و *Verticillium chlamydosporium* .

وقد أجريت بعض التجارب الأخرى بواسطة باحثين اخرين لدراسة المكافحة الحيوية للنيماتودا ؛ باستعمال بعض الفطريات المتطفلة عليها (Stirling, 1988) ؛ ويرجع السبب فى صعوبة الاعتماد على هذه الفطريات فى المكافحة الحيوية للنيماتودا إلى ثلاثة أسباب :

١ – من المعروف أنه من الصعب إدخال كائن حى إلى التربة يكون غير متأقلم على الحياة فيها ، وعلى مواجهة التنافس مع عشائر الكائنات الحية الأخرى الموجودة فى التربة بصورة طبيعية . وتتعرض جراثيم الفطريات المتطفلة خارجيا أو داخليا على النيماتودا – عند إضافتها إلى التربة – لبعض التأثيرات المثبطة ؛ وهذا يؤدى إلى فشل هذه الجراثيم فى الإنبات أو قد تتعرض أنابيب الإنبات الناتجة للتحلل (Giuma & Cooke, 1974) .

٢ – يجب أن تكون الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا قادرة على مهاجمتها فى الوقت الذى تتكاثر فيه هذه النيماتودا بسرعة ؛ حتى يكون لهذه الفطريات دور فعال فى الحد من تكاثرها وخفض حجم مستعمراتها .

٣ – هناك صعوبة فى الاحتفاظ بالعشيرة الفطرية المتطفلة على النيماتودا بصورة نشطة وفعالة طوال مدة نمو المحصول ، ولكن يتم اللجوء الى إضافة السماد العضوى فى التربة لإطالة فترة نشاط هذه الفطريات المتطفلة ، وإن كان ذلك غير اقتصادى على مستوى الحقل .

ومن ناحية أخرى ، وجد أن بعض النيماتودا المتطفلة على النبات تقوم بالحفر داخل الأنسجة النباتية لعوائلها ؛ بحيث تكون متعمقة داخلها ، وبعيدة عن متناول الفطريات المتطفلة عليها ، اللهم إلا فى الأطوار اليرقية والبالغة حرة التجوال فى التربة .

ويعتمد الفطر المستخدم فى المكافحة الحيوية للنيماتودا على معدل نموه السريع ، وعلى زيادة انتشاره فى التربة . وعلى الرغم من ذلك فلقد أظهرت نتائج دراسات أخرى أنه لا توجد علاقة بين سرعة نمو الفطر وقدرته على التطفل ومهاجمة النيماتودا والقضاء عليها .

وحتى يتم فهم طبيعة العلاقة المعقدة بين النبات العائل والنيماتودا الضارة به والفطريات المتطفلة عليها – وأيضا دور الكائنات الحية الدقيقة فى التربة التى تنافس نمو هذه الفطريات المتطفلة – فإن ذلك يحتاج إلى مزيد من الدراسات . ومازال الوقت مبكرا للاعتماد على الفطريات المتطفلة فى المكافحة الحيوية للنيماتودا الممرضة للنبات .

وعلى الرغم من هذه العلاقات الحيوية المعقدة بين النيماتودا الممرضة للنبات والفطريات المتطفلة عليها ، فإن هناك بعض الأمثلة الناجحة التى استخدمت فيها هذه الفطريات فى مكافحة النيماتودا الضارة بالنبات ؛ مثال ذلك : إنتاج تحضيرات تجارية من الفطر *Arthrobotrys superba* لمكافحة نيماتودا تعقد الجذور فى الطماطم *Meloidogyne* (Cayrol, 1983) ، كما أمكن مكافحة هذه النيماتودا حيويا باستعمال الفطر *Drechmeria coniospora* الذى يتطفل داخليا عليها (Jansson-Jeyapakash & Zuckerman, 1985) .

وبالإضافة إلى ذلك ، أمكن مكافحة النيماتودا الملوثة للكومبوست المستخدم فى زراعة عيش الغراب العادى حيويا ؛ وذلك باستخدام الفطر *Arthrobotrys* النامى على

حبوب الشوفان وإضافته إلى الكومبوست عند إضافة تقاوى عيش الغراب ؛ وذلك لمكافحة نيماتودا *Ditylenchus myceliophagus* التى تتغذى على هيفات فطريات عيش الغراب (Cayrol et al, 1978) .

ومن الفطريات المتطفلة على بيض النيماتودا – المستخدمة فى المكافحة الحيوية – الفطر *Dactylella oviparasitica* . ولقد وجد فى تجارب الصوب أن هذا الفطر يتطفل على الكتل الصغيرة من بيض النيماتودا المنتشرة على جذور شجيرات الخوخ صنف Lovell ، والتى تضعها نيماتودا *Meloidogyne* ؛ حيث يبلغ عدد البيض ٢٥٠ – ٤٠٠ بيضةٍ فى الكتلة الواحدة ، يتطفل عليها الفطر الممرض ويجللها .

ويختلف عدد البيض الذى تضعه النيماتودا *Meloidogyne* فى كل كتلةٍ باختلاف العائل النباتى ؛ حيث تضع هذه النيماتودا كتلاً أكبر من البيض على جذور شجيرات العنب ، يصل عدد البيض فيها إلى حوالى ١٥٠٠ بيضةٍ فى الكتلة الواحدة . ولا يستطيع الفطر المتطفل *D. oviparasitica* القضاء على جميع البيض فى هذه الحالة ، بل يظل حوالى نصفه على قيد الحياة ، ويفقس عن نيماتودا ممرضةٍ للنبات .

وعلى ذلك يلاحظ أن نفس الفطر المتطفل كان فعالا على نفس النيماتودا الممرضة للنبات على جذور شجيرات الخوخ، بينما لا يمكن الاعتماد عليه فى المكافحة الحيوية لنفس النيماتودا على جذور شجيرات العنب ؛ مما يجعل الاعتماد على الفطريات المتطفلة على النيماتودا فى المكافحة الحيوية غير قابلٍ للتعميم ، بل تعتبر كل حالةٍ توصية مستقلة .

وفى دراسة أخرى (Ali, 1994) وجد أن الفطر *Paecilomyces lilacinus* ذو تأثير مثبط على فقس بيض نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* فى مصر، حيث وصلت نسبة التثبيط إلى ٩٧٪ ، بينما منع الفطر *Chaetomium spirale* إنبات ٥٨٪ من بيض هذه النيماتودا .

كما أوضحت الدراسة السابقة أن بعض فطريات التربة ذات تأثير قوى على خفض عدد النيماتودا الكلوية *Rotylenchulus reniformis* التى تصيب القطن ، مثال ذلك الفطر *Acremonium strictum* الذى خفض عدد النيماتودا بنسبة ٧٠٪ ، والفطر *Chloridium* الذى أعطى نسبة انخفاض قدرها ٤١٪ من تعداد النيماتودا فى التربة تحت ظروف الصوبة الزراعية . كما أوضحت هذه الدراسة أن إضافة

هذه الفطريات إلى التربة قبل العدوى بالنيماتودا حققت كفاءة أكثر فى مكافحة النيماتودا حيويًا .

وأظهرت دراسة أخرى (Ali & Barakat, 1994) إمكانية إستخدام أحد فطريات التربة – وهو *Trichoderma harzianum* – فى المكافحة الحيوية لنيماتودا تعقد الجذور فى مصر . ولقد وجد أن إضافة هذا الفطر إلى التربة أدى إلى انخفاض تعداد نيماتودا تعقد الجذور على نبات الطماطم ، كما انخفض معدل تكوين العقد الجذرية بدرجة كبيرة . ولقد صاحب ذلك انخفاض التأثير المرضى للفطريات الممرضة لجذور الطماطم ، مثل فطرى *Fusarium* و *Rhizoctonia* ، وبذلك زاد محصول الطماطم معنويا .

ولقد استخدم (Ali (1995 الفطر *Chaetomium spirale* كوسيلة حيوية فعالة لمكافحة النيماتودا الكلوية التى تصيب نباتات القطن فى مصر ؛ وذلك تحت ظروف لصوبة الزراعية . ولقد تبين من النتائج المتحصل عليها أن هذا الفطر أدى إلى خفض تعداد النيماتودا بالتربة ، وكذلك إلى تقليل معدل اختراق النيماتودا لجذور لقطن بمعدل يتراوح بين ٩,٣ و ٢١,٠ ٪ .

ومن ناحية أخرى تلعب ميكروبات التربة دورا فعالاً فى تثبيط إنبات جراثيم الفطريات المتطفلة على النيماتودا؛ فلقد وجد بعض الباحثين مواد قابلة للذوبان الانتشار فى الماء فى جميع أنواع الأراضى الزراعية التى تم اختبارها ، وهذه لمواد تعمل على تثبيط إنبات جراثيم عديد من الفطريات الناقصة المتطفلة على لنيماتودا ؛ مثال ذلك : الفطر *Arthrobotrys dactyloides* ، والفطر *A. arthrobotryoides* ، و الفطر *Dactylella ellipsospora* .

وحيث إن كثيرا من الفطريات المتطفلة على النيماتودا لا تستطيع منافسة ميكروبات التربة الأخرى ، فإن هذه الفطريات لا تنمو مترممة إلا فى أضيق الحدود . وعادة ما تثبت جراثيم هذه الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا ؛ مكونة مصايد على أنبوب الإنبات مباشرة ؛ متحولة من الطور الترممى إلى التطفل على نيماتودا التربة الحرة فى قصر وقت ممكن .

ومن أمثلة الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا – والتى تكون أعضاء اصطياد لنيماتودا على أنبوب إنبات جراثيمها – الفطر *Arthrobotrys dactyloides* ؛ الذى

يكوّن حلقة ضاغطة واحدة على الجرثومة مباشرة ، والفطر *A. arthrobotryoides* الذى يكوّن أنبوب إنباتٍ قصيراً لاصقاً .

وفى فطرياتٍ أخرى – مثل *A. conoides* – تتكون أعضاء قنص النيماتودا فى وجود العائل النيماتودى الذى يفرز مواد مشجعة على تكوين المصائد الفطرية ؛ وهى مادة النيمين nemin ؛ حيث تنبت جراثيم هذا الفطر مكونة براعم لاصقة . وفى الفطر *Dactylaria* تنبت جراثيمه عندما تلامس جليد العائل النيماتودى ؛ مكونة عقدة لاصقة من طرف الجرثومة أو من طرفيها .

ولقد درس Cooke & Satchuthananthava (1968) مدى حساسية الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا للتثبيط بفعل فطريات التربة mycostasis ، حيث اختبر فى هذه الدراسة ٥٠ فطراً من الفطريات المنتشرة فى التربة . ولقد أظهرت النتائج أن جميع الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا – فيما عدا الفطر *Arthrobotrys musiformis* – التى تم اختبارها كانت حساسة وقابلة للتثبيط ؛ حيث اختلفت درجة التثبيط من فطر إلى آخر .

ومن ناحية أخرى ، لم يؤدّ نجاح الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا فى الإنبات إلى نجاحها فى تكوين هيفاتٍ فطريةٍ مترممةٍ تعمل على تثبيت وجود الفطر المتطفل فى التربة فى جميع الحالات .

كما أنه من الصعب زيادة أعداد العشيرة الفطرية لمثل هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا خارجيًا عن طريق إضافة معلق من الجراثيم فى التربة الزراعية ؛ وبالتالى فإن المحاولات التى أجريت لاستخدام هذه الجراثيم فى المكافحة الحيوية لم تنجح النجاح المتوقع .

وفى دراسةٍ أخرى ، وجد Olthof & Estey (1966) أن قدرة الفطر *Arthrobotrys oligospora* على التطفل الخارجى على النيماتودا تزداد عند إنمائه فى المعمل على بيئةٍ تحتوى على دكستروز ونترات الأمونيوم . ويحدث هذا السلوك – أيضاً – عند نمو هذا الفطر فى التربة المعقمة ؛ حيث أدى إلى انخفاض إصابة الطماطم بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne hapla* .

وعلى ذلك ، فإنه من المحتمل أن تعمل إضافة السماد الأخضر إلى التربة الزراعية الطبيعية على إنتاج مواد غذائيةٍ كافيةٍ لحث نشاط الفطريات المتطفلة

خارجيًا على النيماتودا ، بصرف النظر عن تأثير هذا السماد المباشر على العشائر النيماتودية نفسها.

وينشأ عن إضافة السماد الأخضر زيادة أعداد أحياء التربة الدقيقة بصفة عامة ؛ مثل البكتيريا التى تتغذى عليها النيماتودا الحرة ؛ فتزداد عشائرها ، وتكثر الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة ، وكذلك المتطفلة على النبات ؛ فيقلل ذلك من أعدادها . ويعتبر هذا الأسلوب من التوازن الطبيعى بين هذه الكائنات الحية وبعضها هو الحل المناسب لمكافحة النيماتودا الممرضة للنبات حيويًا .

ثانى عشر : التوكسينات النيماتودية Nematotoxins :

لوحظ أن بعض أفراد النيماتودا النامية فى الطبيعة تكون مصابة بأحد الفطريات المتطفلة ؛ مثل الفطر *Stylopaga hadra* ؛ حيث تنمو هيفات الفطر غير المقسمة داخل جسم النيماتودا المصابة دون أن يؤدى ذلك إلى موتها موتا سريعا .

وكذلك الحال عند إصابة مثل هذه النيماتودا بالفطر *Gonimochaete horridula* التابع لطائفة الفطريات البيضية ؛ حيث تظل النيماتودا المصابة نشيطة ، وتستمر فى الحركة والتغذية على الرغم من أن هيفات الفطر تملأ أكثر من نصف فراغ الجسم ، وتموت النيماتودا بعد ذلك موتا بطيئا .

ويختلف الحال عند إصابة العوائل النيماتودية بأحد الفطريات الراقية المتطفلة ذات الميسليوم المقسم . فعلى سبيل المثال يصيب الفطر *Arthrobotrys oligospora* النيماتودا الحرة مسببا موتها خلال فترة قصيرة نسبيًا من العدوى ؛ أقصر مما هو متوقع بالنسبة لمعدل نمو هيفات الفطر الممرض داخل جسم النيماتودا المصابة .

ولقد درس Shepherd (1955) مراحل اختراق الفطر *A. oligospora* لجليد النيماتودا ؛ حيث لاحظ أن الفطر يكوّن مثانة عدوى (post-infection bulb) بعد اختراق وتد العدوى infection peg (penetration vesicle) لجليد العائل النيماتودى . وتبلغ هذه المثانة أقصى حجم لها بعد حوالى ٤٥ دقيقة من بداية تكوينها .

وتثبط حركة النيماتودا المصابة بعد اختراق وتد العدوى لجليد النيماتودا مباشرة ، ثم تتوقف النيماتودا المصابة عن الحركة كلية بعد حوالى ساعة من تكوين الممص

haustorium . وتدل هذه النتائج على أن الفطريات الراقية المتطفلة على النيماتودا تفرز مواد سامة تشل بها حركة النيماتودا ثم تقتلها ، سواء أثناء العدوى ، أم بعد ذلك بفترة قصيرة .

وقد درس الباحثان Balan & Gerber (1972) حالات عدم النشاط التى تظهر على بعض الفرائس النيماتودية بعد إصابتها بالفطريات المتطفلة خارجيا ؛ مثل الفطر *Arthrobotrys dectyloides* الذى يكون حلقات ضاغطة يصطاد بها ضحاياه من النيماتودا الحرة ؛ مثل *Panagrellus redivivus* .

وعند إضافة مترشّح البيئة السائلة التى ينمو عليها الفطر *A. dectyloides* إلى سطح بيئة الأجار التى تنمو عليها النيماتودا السابقة ، تسبب ذلك فى حدوث شلل دائم غير عكسى ، ثم موت هذه النيماتودا خلال ٢٤-٤٨ ساعة من المعاملة . وعند تحليل مكونات مترشح البيئة السابقة ، وجد أن العامل المؤثر على نشاط هذه النيماتودا هو الأمونيا .

ويعقب شلل الفريسة ، مهاجمة هيفات الفطر لجسم النيماتودا ؛ حيث شوهدت هيفات لفطر الماصة للغذاء assimilative hyphae داخل جسم النيماتودا الميتة خلال الأربع والعشرين ساعة الأولى من العدوى . ويتم انتقال بروتوبلازم هذه الهيفات الماصة للغذاء إلى هيفات الفطر النامية خارج الفريسة ؛ لاستمرار النمو الميسليومى ، وتكوين الجراثيم وأعضاء قنص ضحايا جديدة .

ولقد وجد أن تركيز ٢٥٠ ميكروجرام أمونيا / ملليتر بيئة كاف لقتل نيماتودا *P. redivivus* فى خلال نصف ساعة وذلك تحت ظروف المعمل . وعلى الرغم من أن لفطر المتطفل يمكنه إنتاج كمية من الأمونيا أكثر من ذلك خلال نموه فى الطبيعة ، لا أن ذلك لا يكون فعالا فى التأثير على فرائسه النيماتودية فى بعض الحالات ، ذلك لتداخل عوامل بيئية أخرى .

وهناك نظرية تفترض أن الحلقات الضاغطة التى تكونها بعض الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة تفرز أمونيا ، تنساب إلى جسم فريستها ، وتسبب فى شل حركتها خلال ساعة أو أقل . ومن أمثلة هذه الفطريات المتطفلة : الفطر *A. dactyloides* الذى يفرز مواد سامة (توكسينات) فى جسم ضحاياه من النيماتودا الحرة ، بينما تخلو مترشحات الفطر النامى منفردا من هذه المواد السامة .

وفى دراسة للفطر *A. oligospora* الذى يتطفل خارجيًا على النيماتودا *Rhabditis* بتكوين شباكٍ هيفيةٍ ، وجد أن مستخلص الفطر النامى على بيئة مستخلص الخميرة – والذى سبق تعقيمه – ليس له تأثير على النيماتودا ، كما وجد أن المترشحات المعقمة من مستخلصات النيماتودا لا تؤثر على الفطر المتطفل .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن وضع نيماتودا حيةٍ فى مترشح ناتج من نيماتودا مصابةٍ بالفطر الممرض ، أدى إلى فقد هذه النيماتودا الحية لنشاطها وإصابتها بالشلل ، وهذا يؤكد وجود مواد سامةٍ مُفرزةٍ من الفطر المتطفل داخل أنسجة العائل النيماتودى المصاب به .

وتدل النتائج السابقة على أن هيفات الفطر *A. oligospora* لا تنتج توكسيناً يضر بالعائل النيماتودى إذا نمت هذه الهيفات فى بيئةٍ عاديةٍ مثل بيئة مستخلص المولت ، دون وجود النيماتودا . بينما تؤدى مهاجمة هيفات الفطر المعدية infective hyphae للعائل النيماتودى إلى إنتاج هذه التوكسينات .

وهناك احتمال لأن تُفرز التراكيب الفطرية المختلفة – الخاصة باقتناص النيماتودا – مواد سامة (توكسينات) تعمل على شلل الفريسة وإضعاف مقاومتها ؛ حيث إن هناك دراساتٍ تدل على أن الشباك الفطرية اللاصقة التى تكونها بعض الأنواع التابعة للجنس *Arthrobotrys* تفرز توكسيناً يؤثر على فرائسه من النيماتودا الحرة ، إلا أن ذلك مازال يحتاج إلى مزيدٍ من الدراسة .

وفى بحثٍ آخر ، تمت دراسة التفاعل الحيوى بين النيماتودا المتغذية على الفطريات *Aphelenchus avenae* وخمسة أنواع من الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا ؛ مثال ذلك : الفطر *Arthrobotrys oligospora* المكوّن للشباك اللاصقة adhesive nets، والفطر *A. anchonia* المكون للحلقات المنقبضة constricting rings .

ولقد دلت نتائج الدراسة السابقة على أن نمو هيفات الفطريات تحت الدراسة – على بيئة آجار دقيق الذرة – لم يتأثر بوجود النيماتودا ، ولكن بعدما استكمل الفطر نموه وغطت هيفاته سطح بيئة الآجار ، هاجمت النيماتودا هيفات الفطر للتغذية عليها . وبناءً على ذلك فإن النيماتودا المتغذية على هيفات الفطريات قد تكون مؤثرة على تواجد الفطريات المتطفلة على النيماتودا نفسها ؛ وذلك فى الطبيعة ، عندما تقل المادة العضوية فى التربة .

وفى دراسةٍ للباحثين (Giuma & Cooke (1971 وُجد أن بعض الفطريات تفرز توكسينات تضر بالنشاط الحيوى للنيماتودا الحرة ؛ مثال ذلك : الفطر *Nematoctomus haptocladus* و الفطر *N. concurrens* . فعندما تتلامس النيماتودا من النوع *Aphelenchus avenae* مع التراكيب اللاصقة للفطرين السابقين ، فإنها تفقد قدرتها على الحركة ، وتموت قبل ظهور أية علامةٍ تدل على اختراق هيفات الفطر للجليد .

وعادة ما يظهر ذلك التأثير الضار على العائل النيماتودى خلال ٢٤ ساعة من العدوى ؛ حيث تصاب النيماتودا بالشلل . وتستمر النيماتودا فى حركتها بعد العدوى ؛ ملتصقة بها التراكيب الفطرية اللاصقة حتى تخور قواها ، ويصيبها الوهن ، وتكف عن الحركة ، حينئذ تهاجم هيفات الفطر الممرض جسم الضحية ، وتحللها متغذية عليها .

ولقد درس Giuma et al (1973) طبيعة هذا التوكسين ؛ حيث وجد أنه ثابت حراريًا ، وهو عبارة عن سكر معقدٍ polysaccharide . وعند تجهيز مستخلص من ميسليوم الفطر خارجى التطفل على النيماتودا ، وأيضاً مستخلص من البيئة الغذائية التى ينمو عليها ، وجد أن كلا المستخلصين له تأثير سام على نشاط النيماتودا .

ويتميز هذا التوكسين المفرز من الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا بأنه فعال على عديدٍ من العوائل النيماتودية ، وقد يؤثر على عديدٍ من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى التى تنمو داخل القناة الهضمية لفرائس هذا الفطر ؛ بحيث يثبط نشاط هذه الكائنات ويستأثر هو بالتغذية على فريسته .

ولا يمكن القول إن جميع الأنواع التابعة للجنس *Nematoctomus* مفرزة للتوكسينات؛ فلا يوجد دليل على أن الفطر *N. leiosporus* ذو تأثير سامّ على النيماتودا الحرة التى يهاجمها .

ومن ناحيةٍ أخرى ، لوحظ أن إناث بعض أنواع النيماتودا الحاملة للبيض عندما تصل إلى مرحلة الشيخوخة فإن البيض يفقس داخل جسمها ، وتظهر يرقات النيماتودا متغذية على محتويات جسم الأم . ويظهر هذا السلوك – أيضاً – عندما تهاجم الفطريات الداخلية التطفل جسم أنثى النيماتودا حاملةٍ للبيض فى مرحلة ما قبل الشيخوخة ، فإن وجود الفطر المتطفل يدفع البيض إلى الفقس مبكراً ، وتظهر اليرقات التى تشارك الفطر المتطفل فى التغذية على جسم الأم من الداخل .

وعلى العكس من ذلك ، إذا هاجم فطر متطفل خارجيًا جسم انثى النيماتودا الحاملة للبيض ، فلا يؤدى ذلك إلى الفقس المبكر للبيض ، ولكن يتوقف هذا البيض عن استكمال نموه ونضجه ؛ وذلك بفعل نواتج التمثيل الغذائى لهيفات الفطر المتطفل ، والذى يهاجم البيض نفسه بعد ذلك .

وباستمرار دراسة إناث النيماتودا الحاملة للبيض – والتى تُهاجم ببعض الفطريات المتطفلة – فإنه من الممكن معرفة أىّ من هذه الفطريات يفرز التوكسينات ؛ وذلك من خلال مراقبة سلوك البيض الموجود داخل الإناث المصابة بهذه الفطريات .

ثالث عشر : المضادات الحيوية Antibiotics :

تتنافس الفطريات مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة تحت الظروف الطبيعية للتربة على الموارد الغذائية المحدودة بها . ولكى يستطيع الفطر أن ينافس غيره من أجل البقاء ، فلا سبيل أمامه إلا أن يطور من نفسه ، ويزيد من كفاءته وقدراته ، ويسبق غيره من الكائنات الحية الأخرى التى تشاركه بيئته ؛ مما يضمن له التفوق والاستمرار .

وفى الحقيقة ، فإن الفطريات لم تدخر جهدا ولم تعدم وسيلة لتحقيق التفوق على منافسيها ، ولكن اختلفت الوسائل التى اتبعتها الأنواع المختلفة من الفطريات ، بينما ظل هدفها واحدا ؛ وهو التفوق من أجل البقاء .

واستطاعت بعض الفطريات بلوغ هذا التفوق عن طريق التخصص فى النمو على بعض المواد صعبة التحلل كالسيليلوز واللجنين ، أو عن طريق تحمل تركيزاتٍ عاليةٍ من ثانى أكسيد الكربون أو التركيز المنخفض من الأكسوجين ، أو الإسراع من معدل النمو ، أو إنتاج بعض المواد السامة (التوكسينات Toxins) التى تثبط نمو غيرها من الكائنات الحية من حولها .

ولقد اعتمد الفطر على واحدٍ أو أكثر من العوامل السابقة لكى يجد لنفسه موطىء قدم ، ويبقى على قيد الحياة وسط عالم من الأحياء الدقيقة المتنافسة التى تعيش فى التربة يحكمها قانون الغاب ... البقاء للأقوى .

ولقد طورت مجموعة الفطريات المتطفلة على النيماتودا من نفسها ؛ لكى تضمن حصولها على احتياجاتها الغذائية بطريقتها الخاصة ؛ فهى تنتشر فى كل مكان توجد فيه

النيماتودا الحرة ، التى تعتمد فى تغذيتها على المواد العضوية المتحللة ومستعمرات البكتيريا وهيفات الفطريات وجراثيمها . ولقد بلغ تطور هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا مداه ؛ حيث وضعت لفرائسها من النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة وعلى المادة العضوية المتحلله فخاخا قاتلة ، ومصائد عبقرية ؛ إذا نجت النيماتودا من واحدة ، سقطت فى الثانية .

فلقد وضع الفطر داخلى التطفل جراثيمه فى التربة فى الطرق التى تسلكها النيماتودا ، بحيث تكون فى متناولها ؛ فلا تجد هذه النيماتودا الغافلة حرجا فى ابتلاع هذه الجراثيم . وتتعلق هذه الجراثيم فى عضلات المرئ ، ثم تنبت مخترقة جسم النيماتودا من الداخل ، محللة احشاءها ، ومتغذية على انسجتها ، ثم تموت الفريسة بعد فترة وجيزة .

وحيث إن النيماتودا تبتلع كثيرا من الأحياء الدقيقة أثناء تغذيتها – مثل الفطريات والبكتيريا – فإن موت الفريسة يجعلها مشاعا للتغذية عليها ، حيث يتنافس مع الفطر المتطفل بقية الأحياء الدقيقة الأخرى الموجودة فى القناة الهضمية للنيماتودا الميتة .

ولكن الدراسات العلمية أثبتت عكس ذلك ؛ ففى النيماتودا التى تصاب بالفطرين *Arthrobotrys* و *Harposporium* ، لوحظ أن قليلا جدًا من البكتيريا أو الفطريات هى التى تستطيع النمو داخل القناة الهضمية للنيماتودا الميتة متنافسة مع الفطريات المتطفلة داخليًا عليها .

ولقد فسر الباحثون ذلك بأن خلايا وجراثيم الفطريات والبكتيريا التى ابتلعتها النيماتودا أثناء تغذيتها تأثرت بالعصارة الهضمية للنيماتودا ؛ مما أفقدها حيويتها نتيجة هضمها . بعكس الحال فى جراثيم الفطريات الممرض للنيماتودا والمتطفلة داخليًا عليها؛ فهى تقاوم العصارات الهضمية ، بل وتنبت مكونة هيفات عدوى تخترق أنسجة النيماتودا وتحللها .

ومن ناحية أخرى ، فلقد أثبتت الأبحاث الحديثة أن هذه الفطريات – ذات التطفل الداخلى على النيماتودا – تفرز بعض المضادات الحيوية antibiotics ، تعمل على تثبيط نشاط الكائنات الدقيقة الأخرى الموجودة فى القناة الهضمية للنيماتودا الميتة ؛ وبذلك ينفرد الفطر المتطفل بمائدته ؛ مستأثرا بفريسته دون غيره من الأحياء الدقيقة الأخرى .