

عالم الفطريات

تأليف

الأستاذ الدكتور

محمد علي 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

مقدمة

يهتم هذا الكتاب بالنشاط الحيوى للفطريات التى تحيط بنا ، والتى لا يكاد يخلو نظام بيئى من وجودها ؛ فينتأثر 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 مجهولة لنا ، ومازال العالم واقفا على أعتاب عالم الفطريات الذى لا حدود 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 التي تتغير وتتبدل ، منتجة أنماطا مختلفة من الأنواع والسلالات التي استمرت محتفظة بحيويتها ونشاطها منذ نشأتها الأولى حتى الآن ، فى الوقت الذى انقضت 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

رقم الصفحة

الموضوع

تمهيد

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

الباب الأول المملكة الفطرية

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

الباب الثاني

الفطريات الحفرية

٩٩	مقدمة
١٠٠	أولاً : الفطريات الحفرية
١٠٧	ثانياً : الفطريات الحفرية البدائية
١١٥	ثالثاً : الفطريات الحفرية الأسكية
١٣٩	رابعاً : الفطريات الحفرية البازيدية
١٤٤	خامساً : الفطريات الحفرية الناقصة
١٤٧	١ - تقسيم الفطريات الحفرية الناقصة
١٥٣	٢ - وصف لبعض الفطريات الحفرية الناقصة
١٥٣	أ - الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الأميغروسبورات
١٥٥	ب - الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الديديموسبورات
١٥٧	ج - الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة القراجموسبورات
١٥٩	د - الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الستاوروسبورات
١٦٠	هـ - الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الديكتيوسبورات
١٦٢	و - الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة المياجكوسبورات
١٦٩	سادساً : رجل الثلج البدائي وفطريات العصر الحجري
١٧٣	سابعاً : المراجع

الباب الثالث

الفطريات المائية

١٧٩	مقدمة
١٨١	أولاً : طبيعة البيئة المائية
١٨١	ثانياً : طرق دراسة الفطريات المائية
١٨٢	ثالثاً : الفطريات البحرية
١٩٣	١ - منشأ الفطريات البحرية

الباب الثالث

١٩٤	٢ - تأقلم الفطريات البحرية
١٩٧	٣ - التوزيع الجغرافي والموسمي للفطريات البحرية
١٩٩	٤ - التوزيع الرأسى للفطريات البحرية
٢٠٠	٥ - العوامل المؤثرة على مراحل نمو الفطريات البحرية
٢٠١	أ - إنبات الجراثيم
٢٠١	ب - النمو الميسليومى
٢٠١	ج - التجوثم
٢٠٢	٦ - المواد والعوائل التى تنمو عليها الفطريات البحرية
٢٠٣	أ - الأخشاب الطافية
٢٠٩	ب - الطحالب والأعشاب البحرية
٢١٠	ج - الحيوانات البحرية
٢١٢	رابعاً : فطريات الماء العذب
٢١٦	١ - الفطريات الكثرية
٢١٩	٢ - الفطريات المائية البيضية
٢١٩	أ - رتبة لبتوميثالات Leptomitales
٢٢٠	ب - رتبة سابروليجنات Saprolegniales
٢٢٦	* طوق عزل الفطريات السابروليجنية
٢٢٧	* توزيع الفطريات السابروليجنية
٢٢٩	ج - رتبة بيرونوسبورات Peronosporales
٢٢٩	٣ - الفطريات الأسكية
٢٣٠	٤ - الفطريات الناقصة الهيفية
٢٣٨	أ - الأهمية الحيوية للجراثيم الرباعية الأذرع
٢٣٩	ب - تغذية الفطريات المبيضة
٢٤٠	خامساً : فطريات المياه الراكدة
٢٤٣	سادساً : الدراسات البيئية للفطريات المائية

تابع

الباب الثالث

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

الباب الرابع

الفطريات الأرضية

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

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

تابع الباب الخامس

٣٦٥	٣ - عمر العائل النباتي
	ثاني عشر : توزيع الفطريات المترعمة الأولية الشائعة
٣٧١	الانتشار على سطوح الأوراق
٣٧٢	ثالث عشر : تداخل نمو عشائر الفطريات على سطوح الأوراق
	رابع عشر : تأثير فطريات سطوح الأوراق على إسراع
٣٧٥	شبخوخة الأوراق
٣٧٨	خامس عشر : تفاعلات التضاد الحيوي على سطوح الأوراق
٣٧٩	سادس عشر: فطريات سطوح الأوراق والمكافحة الحيوية
	سابع عشر : التضاد الحيوي من خلال التحلل وإنتاج المضادات
٣٨١	الحيوية وتغير رقم الحموضة
	ثامن عشر : المواد المفترزة من أوراق النباتات ذات
٣٨٣	التأثير المثبط على نمو الفطريات
٣٨٣	تاسع عشر : تحلل الأوراق الابرية لأشجار الصنوبريات
٣٩٣	عشرون : المراجع

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 <i>Pilobolus</i> قاذف القبة
٤٢٢	خامساً : الفطر <i>Sphaerobolus</i> المدفعية الفطرية
٤٣٦	سادساً : الفطر <i>Basidiobolus</i> ورحلته العجيبة
٤٣٩	

تابع
الباب السادس

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

الباب السابع
فطريات الرماد

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

الباب الثامن
الفطريات والذيماتودا

.....	493	مقدمة
.....	497	أولاً ماهى الذيماتودا
.....	499	ثانياً الفطريات المتطفلة على الذيماتودا
.....	503	ثالثاً الفطريات خارجية التطفل (المفتوسات)
.....	504	رابعاً التراكييب الفطرية الصائدة للذيماتودا
.....	504	١ - الهيفات اللاصقة
.....	507	٢ - الفروع اللاصقة
.....	512	٣ - الشباك اللاصقة
.....	519	٤ - العقد اللاصقة
.....	519	أ - العقد اللاصقة فى الفطريات الناقصة
.....	523	ب - العقد اللاصقة فى الفطريات البارزيدية
.....	529	٥ - الحلقات غير المنقبضة
.....	530	٦ - الحلقات المنقبضة
.....	533	٧ - آلية فعل الحلقة
.....	538	الفطريات داخلية التطفل
.....	539	١ - الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات الكثريريدية
.....	543	٢ - الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات البيضية
.....	548	٣ - الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات الزيجية
.....	549	٤ - الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات الناقصة
.....	549	أ - الجراثيم اللاصقة
.....	552	ب - الجراثيم الملتصقة
.....	556	٥ - الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات البارزيدية
.....	559	الفطريات المتطفلة على بيض الذيماتودا
.....	564	طرق دراسة الفطريات المتطفلة على الذيماتودا
.....	564	سادساً سابعاً

تابع
الباب الثامن

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

الباب التاسع

الفطريات والحشرات

٦١٥	الفطريات المتبادلة للمنفعة مع الحشرات	أولاً
٦٢١	١ - المعاشرات الخارجية	
٦٢١	أ - الحشرات القشرية وبعوتها الفطرية	
٦٣٢	ب - حشرات النمل وحمائلها الفطرية	
٦٤٨	ج - حشرات النمل الأبيض (الأرضة) وفطرياتهما	

٦٦٣	د - خنافس وفطريات المبروسيا
٦٧٦	هـ - دبابير الفشب وفطر <i>Amylostereum</i>
٦٨٥	و - حشرات أورام النبات وفطرياتهما
٦٨٦	٢ - المعاشرات الداخلية
٦٨٨	٣ - رحلة جزئي النروجين عبر الأحياء
٦٩٠	ثانياً: الحشرات الناقلة للفطريات الممرضة للنبات
	ثالثاً: الوضع التقسيمي لأقسام الفطريات الممرضة
٦٩٦	للحشرات
٦٩٦	١ - تحت قسم الماستيجرمايكوتات
٦٩٦	أ - طلائفة الفطريات الكيتريدية
٦٩٩	ب - طلائفة الفطريات البهيمية
٧٠١	٢ - تحت قسم الفطريات الزيجية
٧٠١	أ - طلائفة الترايبكوميستراتات
٧٠٥	ب - طلائفة الفطريات الزيجية
٧١٠	٣ - تحت قسم الفطريات الأسكية
٧١٠	أ - تحت طلائفة فطريات الفمائر
	ب - تحت طلائفة الفطريات الأسكية ذات الأجسام الثورية
٧١١	الكروية
	ج - تحت طلائفة الفطريات الأسكية ذات الأجسام الثورية
٧١٢	القارورية
٧٢٧	د - تحت طلائفة الفطريات الأسكية الحشرية
٧٤١	٤ - تحت قسم الفطريات البازيدية
٧٤٣	٥ - تحت قسم الفطريات الناقصة

تابع
الجزء التاسع

رابعاً: الفطريات الممرضة للحشرات

- ٧٤٨ - مراحل إصابة الحشرات بالفطريات الممرضة
- ٧٤٨ ١ - التصاق الوحدات الفطرية بجلبه الحشرة
- ٧٤٩ ب - إنبات الجراثيم والنمو الميسبليومى
- ٧٥٠ ج - نمو الصيقات خلال تجويف دم العائل
- ٧٥١ ٢ - رد فعل الحشرة تجاه الإصابة بالفطريات الممرضة
- ٧٥١ ١ - ردود الفعل الدموية
- ٧٥٢ ب - الأعراض الخارجية للإصابة
- ٧٥٣ ٣ - قابلية الحشرات للإصابة بالفطريات
- ٧٥٣ ١ - تأثير عمالة الأنسلكم
- ٧٥٣ ب - قابلية الأطوار الحشرية المختلفة للإصابة
- ٧٥٤ ج - تأثير إصابة الحشرات بعموضات مختلفة
- ٧٥٥ ٤ - العوامل المؤثرة على إصابة الحشرات بالفطريات الممرضة
- ٧٥٥ ١ - الحرارة
- ٧٥٥ ب - الرطوبة
- ٧٥٥ خامساً: أهم الفطريات الممرضة للحشرات
- ٧٥٥ ١ - أمراض الحضنة الفطرية التي تصيب حشرات نحل العسل
- ٧٥٧ ٢ - مرض المسكردين فى ديدان الحرير
- ٧٥٩ ٣ - الفطر القاتل للذباب
- ٧٦٩ ٤ - الفطريات المتطفلة على حشرات المن
- ٧٧٤ ٥ - الفطريات الممرضة للحشرات والعناكب
- ٧٧٦ ١ - تقسيم الفطريات الممرضة للعناكب
- ٧٧٩ ب - بيضة الفطريات الممرضة للعناكب

- سادساً: استخدام الفطريات في مكافحة الحيوية للحشرات**
- ٧٨١ - تاريخ مكافحة الحيوية
 ٧٨٢ - بعض الأمثلة الناجحة للمكافحة الحيوية للحشرات
 ٧٨٣ - العوامل المؤثرة على تفاعل الفطر المتطفل مع عائلته الحشرى
 ٧٨٥ - شروط استخدام الفطريات في مكافحة الحشرات
 ٧٨٧ - الفطريات الناقصة المستخدمة في مكافحة الحيوية للحشرات
 ٧٩١ أ - الفطر : *Metarhizium anisopliae*
 ٧٩٢ ب - الفطر : *Beauveria brongniartii* والفطر *B. bassiana*
 ٧٩٣ ج - الفطر : *Verticillium lecanii*
 ٧٩٤ د - الفطر : *Verticillium chlamyosporium*
 ٧٩٧ هـ - الفطر : *Nomurea rileyi*
 ٧٩٧ و - الفطر : *Hirsutella thompsonii*
 ٧٩٨ ز - الفطر : *Culicinomyces clavosporous*
 ٧٩٩ ح - الفطر : *Aschersonia aleyroidis*
 ٨٠٠ ٦ - الفطريات الزيجية المستخدمة في مكافحة الحيوية للحشرات
 ٨٠٠ ٧ - الفطريات البيضية المستخدمة في مكافحة الحيوية للحشرات
 ٨٠٢
- سابعاً: الإنتاج التجاري للفطريات المستخدمة في مكافحة الحيوية للحشرات**
- ٨٠٢ ١ - تخزين اللقاح الفطرى
 ٨٠٤ ٢ - آفاق مكافحة الحيوية باستخدام الفطريات الممرضة للحشرات
 ٨٠٦ **ثامناً: المراجع**
 ٨٠٧

الباب العاشر

الفطريات والإنترنت

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

ملاحق

- ٨٣٧ ملحق ١ : ملزمة ملونة
- ٨٥٥ ملحق ٢ : مصطلحات علمية
- ٨٧٢ ملحق ٣ : الأسماء العلمية الواردة في هذا الكتاب

توبيخ

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 آثار لأحياء دقيقة على الصخور المتساقطة على سطح الأرض ، قادمة من الفضاء الخارجى .

ولقد فتح ذلك فرعاً حديثاً من فروع العلم ، يسمى 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 ، وامتألت أساطير الشعوب القديمة بالكثير عن قصص بداية الخليفة ، 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 العشاء المخاطى المبطن لجدار الأمعاء ، كما اعتقدوا أن الضفادع والثعابين تتوالد من الطمي المترسب على ضفاف الأنهار ، وأن الذباب يتكون من الغذاء المتعفن ، والديدان تتكون من المخلفات الحيوانية .. وهكذا .

ولقد وصل الأمر إلى اعتبار هذه المعتقدات علماً يكتب ويدرس خلال العصور الوسطى ، حيث أكد علماء هذه الفترة أن الثعابين غير السامة تتكون من شعر النساء عند إلقائه فى مكان رطب مظلم ، بينما تتكون الثعابين السامة من الأعمدة الفقرية للجنث التى ارتكب أصحابها ذنوباً فى حياتهم . ودرس تلاميذ الاغريق هذه الخرافات على أيدي 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 التضمرات المطولة والتعاويد الواقية .

وجاء ابقراط (أبو الطب) Hippocrates (٤٦٠-٣٧٧ قبل الميلاد) يعلم تلاميذه أن الهواء هو مصدر الأوبئة ، ولقد تناول كثيرون بعده هذه النظرية ، فقال بعضهم إن الهواء إنما يكون مصدر الوباء بفعل الشيطان ، وقال آخرون أنه 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 أن الفحط والحروب والأوبئة إنما تنشأ من ظهور علامات في قرص الشمس ، أو اقتراب الأجرام السماوية بعضها من بعض ، فعلى سبيل المثال عزا المؤرخ المشهور وبستر Webster ظهور الأوبئة إلى حدوث الزلازل والهزات الأرضية ، وكذلك العالم سيدنهام Sednham الذى اعتقد بأن هناك حوادث طبيعية لا ترجع في منشئها إلى الحرارة أو البرودة ، ولا إلى الرطوبة أو الجفاف ، ولكنها تعزى إلى تغيرات خفية في باطن الأرض ، لا يمكن تحليلها ، تتصاعد منها ذرات تلوث الجو ، وتؤثر في أجسام الناس فيصابون بالأمراض .

كما اعتقد - في ذلك الوقت - أن الأراضي المنخفضة والمستنقعات هي الأماكن التى تتصاعد منها هذه الأبخرة الضارة ، فتنشر وتسمم الهواء . غير أن البحوث التى أجريت بعد ذلك زحزحت نظرية التصاعد من مكانها ، إذ لوحظ انتشار الأوبئة والأمراض في جميع أنحاء العالم تقريبا .

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

ويعتبر الهولاندى ليفنهوك Antony van Leeuwenhoek أول من استطاع رؤية الأحياء الدقيقة عام ١٦٧٣ ، وربما كان من المتوقع أن يودى هذا الحدث العظيم إلى تقدم سريع في معرفة الدور الذى تلعبه هذه الأحياء الدقيقة - ومنها الفطريات بطبيعية الحال - في البيئة من حولنا .

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

ولقد كان الاعتقاد المسلم به - في ذلك الوقت - ان الأحياء جميعها تتكون من ذاتها ، فقد ذكر هومر Humer شيئاً عن أناس كوتتهم الطبيعة ، كما لو كانت الأرض قد ولدتهم، وكان فلاسفة الإغريق القدماء وعلى رأسهم أرسطو Aristotle (384 - 322 قبل الميلاد) يعتقد في نشأة الكائنات الحية من مواد غير حية ، والتي سميت بعد ذلك بنظرية التوالد الذاتي spontaneous generation واستمرت حتى قرب نهاية القرن الماضي .

ولعله من المثير للتعجب ما وصفه عالم الطبيعيات البلجيكي هيلمونست Baptista van Helmont في القرن السابع عشر من تعليمات دقيقة عن التوالد الذاتي للفئران ، تتلخص في وضع بعض حبوب الشعير والقمح في 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 في 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 في قاع الوعاء !.

وفي القرن السادس عشر ظهرت عدة وصفات لصنع ضفادع ونحل ، حيث دعم نظرية التوالد الذاتي أن هذه الأحياء لم تذكر في التوراة ضمن الأحياء التي أخذها نبي الله نوح - عليه السلام - مع ما أخذه من أحياء في الفلك ، فلا بد أنها تتكون بطريقة أخرى غير التكاثر المعتاد .

ولقد تطلب تنفيذ هذه النظرية الخاطئة مئات السنين من جهود العلماء ، لكي يثبتوا أن كافة صور الأحياء تنشأ فقط من أحياء سابقة ومشابهة لها . ففي منتصف القرن السابع عشر شكك العالم الإيطالي ريدي (1626 - 1697) Francesco Redi في نظرية التوالد الذاتي ، بعد أن تأكد بالتجربة من ظهور اليرقات في اللحم المتعفن الذي ترك مكشوفاً لعدة أيام ، وعدم ظهورها فيه لو أحكم عليه الغطاء . وفسر ذلك بوضع

الذباب لبيضه على اللحم المكشوف ، والذي يفقس عن تلك البرقات التي ترى كانها نشأت من اللحم نفسه .

وفي منتصف القرن الثامن عشر (عام ١٧٤٩م) فسر الراهب الكاثوليكي الإنجليزي نيدهام (١٧١٣ - ١٧٨١) John Needham ظهور كائنات دقيقة في حساء الدجاج وعصير الخضراوات - بعد تسخينها في أنابيب الاختبار الزجاجية وتغطيتها بالفلين لعزلها عن الهواء - بأنها تولدت ذاتيا في ذلك المحلول المغذى .

وأعاد الباحث الإيطالي سبالانزاني Lazzaro Spalanzani (١٧٢٩ - ١٧٩٩) المعاصر لنيدهام التجربة السابقة ، ولكنه أحكم عمليتي التسخين والعزل عن الهواء ، فبقى الحساء خاليا من نمو الكائنات الدقيقة لمدة طويلة ، وأدى ذلك إلى بداية الشك في نظرية التوالد الذاتي ، وبداية ظهور نظرية الأصل الحيوى للأحياء Biogenesis



شكل (م - ١) : العالم الفرنسي لويس باستير Louis Pasteur في معمله بباريس . ويظهر على منضدة التجارب نموذج لقرارورة ذات فوهة طويلة وضيقة ، من تلك التي استعملها باستير في 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 مبهمه ، وظل الغموض يكتنف نشأة هذه الأحياء الدقيقة ، ربما استمر ذلك لفترة أطول لولا تجربة حاسمة قام بها أحد العلماء الفرنسيين .

وكان هذا العالم الفرنسى هو لويس باسپتر (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، فبقي مدة طويلة دون أن يتلوث . ولقد عرض باسپتر نتائج هذه الأبحاث القيمة فى جامعة السوربون بباريس فى ٧ من أبريل ١٨٦٤ .

ثانيا : الجهر ، 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 إيطاليا ، 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 ، تنتسب فى تلف اللحم وغيره من المواد الغذائية .

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

ولم يكتف " ليفنهوك " بالفحص والملاحظة ، 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 الآخرين . وتوضح رسوماته أنه شاهد بعض أنواع من البروتوزوا والبكتيريا والخمائر والفطريات .

وساعد " ليفنهوك " على عمله خبرته في صناعة العدسات ؛ حيث تمكن بمفرده من تصميم أكثر من ٢٥٠ نظاما مجهريا مختلفا . وفي احد هذه الأنظمة ، كانت العدسة العينية عبارة عن عدسة محدبة الوجهين ، صغيرة في حجم رأس الدبوس ، ذات بعد بؤرى قصير ، وتعطى تكبيراً 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 في كتابه " أسرار الطبيعة المكتشفة بواسطة المجر " 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 المجر . وأعلن " ليفنهوك " عن نتائج أبحاثه بعد ذلك ، إلا أنه لم يفصح عن سر تصميم مجهره .

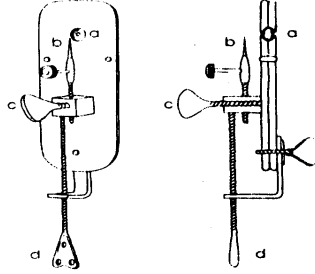


شكل (م - ٢) : العالم الهولندي ليفنهوك Antony Van Leeuwenhoek أول من شاهد الكائنات الحية الدقيقة باستعمال ميكروسكوب (مجهر) بسيط التركيب، صممه بنفسه من عدسة واحدة . ولقد سجل ليفنهوك مشاهداته في خطابات أرسلها إلى الجمعية العلمية الملكية بلندن.

وقد قابل أغلب علماء هذه الجمعية ملاحظات ومشاهدات "ليفنهوك" حينذاك بالسخرية ، إلا أن بعضهم عضده ؛ مثل العالم روبرت هوك (١٦٣٥ - ١٧٠٣) R. Hooke الذى طور صناعة الميكروسكوبات بعد ذلك ؛ مخترعا الميكروسكوب المعقد ذا العدسات العديدة .

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

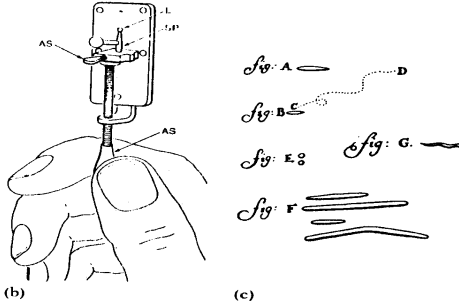
فعلى سبيل المثال ، قدم "ليفنهوك" الدليل العلمى لدعم نظرية "هارفى" للدورة الدموية William Harvey's Theory of Blood Circulation ؛ وذلك عن طريق اختراعه للمجهر المائى Aquatic Microscope ؛ حيث أتاح ذلك الجهاز الفرصة للباحثين لفحص تدفق كرات الدم الحمراء خلال الشعيرات الدموية فى الزعفة الذيلية للسمك .



شكل (م - ٣) : تركيب مجهر "ليفنهوك" ؛ حيث تثبت العدسة (a) بين صليحتين معدنيتين ، بينما توضع العينة المراد فحصها على قمة العمود المعدنى (b) . ويتم ضبط دقة الفحص عن طريق مفاتيح لولبية (d . c) .

ومن ناحية أخرى ، تمكن " ليفنهوك " عام ١٦٨٢ من فحص ليفات العضلات ، وأيضا فحص خلايا دم السمك في العام نفسه ، وفي عام ١٧١٧ استطاع فحص الغلاف الدهني myelin sheath للألياف العصبية . ولاعجب أن تكون مثل هذه الاكتشافات المثيرة نقطة تحول في عديد من العلوم الحيوية التطبيقية .

ونظرا للمجهودات العلمية القيمة التي قام بها " ليفنهوك " في مجال الفحص المجهرى ؛ فإنه يعتبر أبا علم الأحياء الدقيقة Microbiology وعلم الدم Hematology وعلم الأنسجة Histology وعلم الحيوانات الأولية Protozoology ، وغيرها من العلوم الأخرى التي لعب فيها الفحص المجهرى دورا فعالا في الفحص والبحث .



شكل (م - ٤) : كيفية استعمال ميكروسكوب " ليفنهوك " البسيط في الفحص ، وأيضا يظهر حجم الميكروسكوب بالنسبة إلى أصابع اليد .
 (L) : عدسة مكبرة مثبتة بين صفحتين رقيقتين من المعدن .
 (P) : عمود معدني للفحص ، يتحرك عن طريق مسمار لولبي (AS) .
 يتم الفحص عن طريق حمل الميكروسكوب وتقريبه من العين ، مع وضع مصدر ضوئي في الجهة المقابلة للعدسة . ويوضح الرسم بعض أشكال البكتيريا التي رسمها العالم الهولندي " ليفنهوك " ، تشمل اشكالا عسوية وكروية ولولبية .

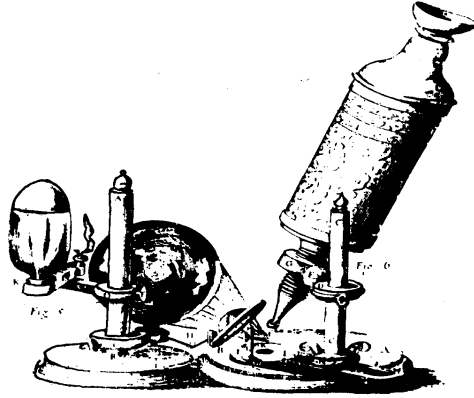
وبعد موت " ليفنهوك " ، قل الاهتمام بدراسة الكائنات الحية الدقيقة لفترة ؛ ويرجع ذلك إلى صعوبة تطوير صناعة المجاهر (الميكروسكوبات) ، ولم يظهر مجهر أفضل مما صنعه " ليفنهوك " . بالإضافة إلى عدم اهتمام علماء الأحياء بهذه الكائنات الحية الدقيقة التي اكتشفها " ليفنهوك " ؛ وذلك لاعتبارها لا تزيد على كونها كائنات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

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

ولم يكن اكتشاف ذلك العالم الخفي 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 في النظريات العلمية .



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



شكل (م - ٦) : الميكروسكوب المركب الذي صممه العالم روبرت هوك R. Hooke .

ثالثاً - 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 بَيِّن 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 ديونيسيوس Dionysius وباخوس Bacchus ، وأقاموا أعيادا صاحبة 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 الهتهم ، 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 (*Amanita muscaria*) fly agaric 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) .

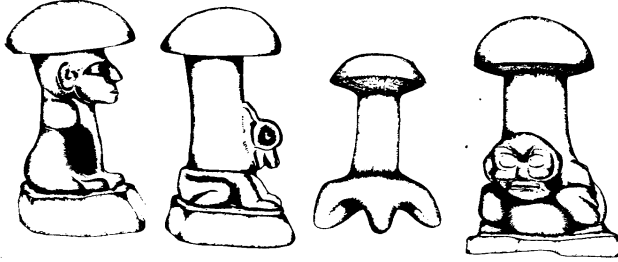
واعتقد أهالى هذه المناطق من العالم الجديد من أمريكا الشمالية فى بعض الطواهر الخارقة للطبيعة والتي تكونها الأجسام الثمرية لبعض فطريات عيش الغراب الرقيقة ، مثل الفطر *Fomitopsis officinalis* الذى يكون أشكالا تشبه الأشباح ، والتي كان يستعملها الكهنة خلال طقوسهم الوثنية (Blanchette et al., 1992) .

ولقد استعملت بعض ثمار عيش الغراب الرقيقة فى العلاج منذ العصر الحجري ، حيث اكتشف فى رواسب الثلج المنصهر بجبال الألب قطع من ثمار فطر عيش غراب رقى تقي 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 - تنبع بنورها فى ظلام الغابة الحالك ، حيث أطلق عليها أسماء دارجة ، مثل نار الثعلب **fox fire** ، وأشباح الغابة **ghosts of the forest** . كما أن هناك أنواعا من عيش الغراب تعرف باسم الوجه المضى **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 قطعة من ثمار عيش الغراب ذي الأقدام
الداكنة ، ويتخيل خلفه روح ثمرة عيش الغراب تلمس رأسه وتمنحه البركة .



شكل (م - ٨) : بعض التماثيل الحجرية بشكل ثمار عيش الغراب ، والتيسى عشر عليها فسي
جوانيمالا بأمريكا الوسطى ، حيث كانت تستخدم خلال طفوس تقديس ثمار عيش
الغراب التي كان يقوم بها هنود المكسيك .

وفي حالات أخرى ، كان هذا الضوء ينبعث من الخشب الذى تتخلله هيفات مثل هذه الفطريات المضيفة ؛ حيث يتوهج ذلك الخشب فى الظلام . ولقد استعملت بعض الشعوب القديمة هذا الخشب المضيء لإضاءة الطرق ، كما استعمل الجنود - خلال الحرب العالمية الأولى - أجزاء من هذا الخشب المضيء لتزيين خوزاتهم وحراهم حتى يعرف بعضهم بعضا خلال القتال الليلي .

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 نتألنا 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 (الفيلوسفير phyllosphere) . وتلعب هذه الفطريات دورا هاما فى تضاد مسببات 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 تحليل الخشب وانسياب المواد الغذائية إلى النظام البيئى الذى يصاحب موت الأشجار (شكل م - ٩) .

وعلاوة على ما سبق ، فإن الفطريات مسؤولة عن تحلل أنواع عديدة من المنتجات الخشبية ، مثل ألواح الأخشاب والمنتجات الخشبية والأخشاب المستعملة فى صناعة فلتكات السكك الحديدية وأعمدة التلغونات 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 المحللة 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 نموها على ثمار الفول السوداني والبكان وحبوب الذرة والشوفان ، وتوكسينات fumonisins التى ينتجها الفطر *Fusarium moniliforme* على الذرة .

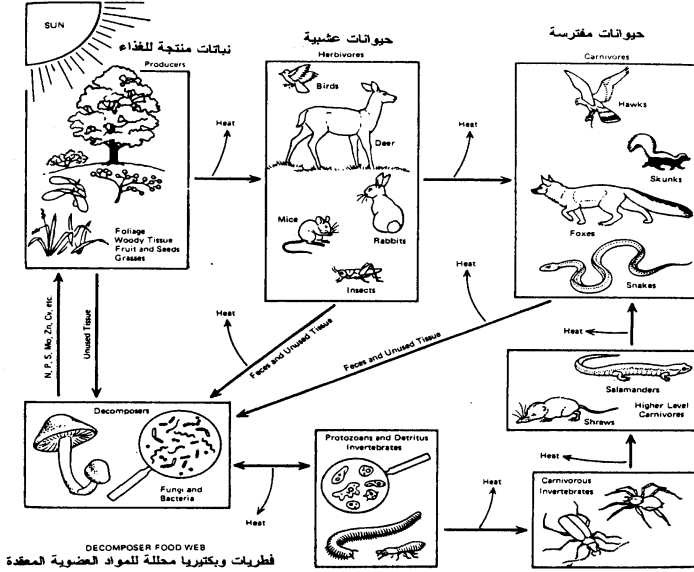
ولقد سببت مثل هذه التوكسينات مشاكل صحية لا حصر لها فى عديد من دول العالم ، مثل بلغاريا ورومانيا ويوغسلافيا ، ووجد أن بعض التوكسينات الفطرية - مثل الأفلاتوكسين - ذات تأثيرات مسرطنة carcinogenic compounds ، ويسبب بعضها سرطان الكبد فى الإنسان (Ames et al., 1987) .

كما يودى تغذية الحيوانات على علف ملوث بالفطريات المفرزه للتوكسينات إلى إصابتها بأمراض خطيرة ، مثال ذلك إصابة الخيول بالأمراض العصبية القاتلة ، والخنزير 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 السنبله .

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 الاكلة العشب التى تتغذى عليها ، وهى كذلك سامة للإنسان إذا تغذى على دقيق الشوفان الملوث بهذه الأجسام الحجرية الصغيرة.

ولقد عانت البشرية - فى الماضى - من اثار التسمم بهذا الفطر ؛ حيث أطلق عليه اسم التسمم الإرجوتى Ergotism ، والذى كانت تظهر أعراضه على صورة الام 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 الغذائية المعقدة في الطبيعة والتي تشارك فيها الفطريات في تحليل المواد العضوية المعقدة إلى مواد بسيطة ، تستخدم منها عدد من الكائنات الحية الأخرى .

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

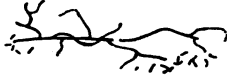
ومن ناحية أخرى تسبب بعض الفطريات أمراضا للإنسان ؛ حيث إن بعضها يصيب الجلد مسببا أمراض التينيا Tinea ؛ مثل : فطريات *Microsporus* ، و *Trichophyton* ، و *Epidermophyton floccosum* ، بينما تهاجم بعض الفطريات الطبقة التحت سطحية من الجلد ؛ مثل : *Basidiobolus* ، و *Candidiobolus* .

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 طبييا 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 .

Nocardia



Streptomyces



Aspergillus flavus



Microsporium ferrugineum



Trichophyton tonsurans



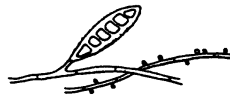
Trichophyton verrucosum



Trichophyton terrestre



Microsporium cookei



Trichophyton ajelloi



Epidermophyton floccosum



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

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

وعلاوة على ما سبق ، فقد 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* و الفطر *Tolyptocladium 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 طبي 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 الرقية bracket fungi فى التسداوى فى المجتمعات البشرية البائدة ، ومازال بعضها يستخدم حتى الآن ، بل ويزرع تجاريا؛ مثال ذلك فطر عيش الغراب الرقى *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 سُمى 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 التي كانت تجمع برياً، ثم بدأت زراعتها في الصين منذ القرن السادس الميلادي، بينما لم تبدأ زراعتها في أوروبا إلا عام ١٦٥٠؛ حيث زرع لأول مرة في فرنسا، ثم انتشرت زراعته بعد ذلك في دول أوروبا حتى وصلت إلى الولايات المتحدة عن طريق إنجلترا وذلك عام ١٨٧٠.

ومنذ ذلك الحين، تطورت زراعة عيش الغراب في جميع أنحاء العالم، ووصل الإنتاج التجاري له إلى أكثر من ٤ مليون طن متري سنويا. وهناك العديد من أنواع عيش الغراب التي تزرع عالمياً، مثل: عيش الغراب العادي *Agaricus bisporus*، وعيش غراب المروج *A. brunnescens*، وعيش الغراب المحار *Pleurotus ostreatus*، وعيش غراب الشيتاكي *Lentinus edodus*، وعيش غراب الفس *Volvariella volvacea* وعيش غراب الشتاء (الايونوكتاكي) *Flammulina velutipes*.

ولقد بدأت زراعة عيش الغراب في مصر بصورة تجارية منذ منتصف الثمانينات من هذا القرن، وتزرع حالياً أنواع عديدة من عيش الغراب؛ مثل عيش الغراب العادي والمحار. 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 في الدم hypocholesterolemic effect. كما ذكر أن بعض أنواع عيش الغراب مثيرة للشهوة الجنسية aphrodisiacs، ويعتقد أنها مفيدة للمتقدمين في العمر (أبحاث Flynn, 1991; Claydon, 1984; Findlay, 1982).

ومن فطريات عيش الغراب الأخرى الغالية الثمن فطريات المورشيل *Morels* والكماة *Truffles*؛ حيث تتعايش هذه الأنواع من الفطريات مع جذور بعض الأشجار في عيشة تبادل المنفعة، يطلق عليها اسم الجذور الفطرية الخارجية *Ectomycorrhizae*. وفي الوقت الذي تظهر فيه ثمار المورشيل فوق سطح الأرض *epigeal*، تتكون ثمار الكماة تحت الأرض *hypogean*.

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 أمساكن توأجدها من الهويات الشعبية المحببة التى يقبل عليها الأوروبيون فى أوقات فراغهم و عطلات نهاية الأسبوع .

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

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 **Macllvania** 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 *Cyrtaria* . 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 كقطعام تقليدى خاصة فى شيلى ، كما استخدمها البحارة - حينذاك - فى غذائهم ، حيث كانت تجمع وتخزن ضمن مونة 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 ناهيتى . وكان بيرتسيرو أول من

لاحظ أن هذه الثمار ليست نباتا ، ولكنها كانت لأحد الفطريات الممرضة التي تتطفل على هذه الأشجار .

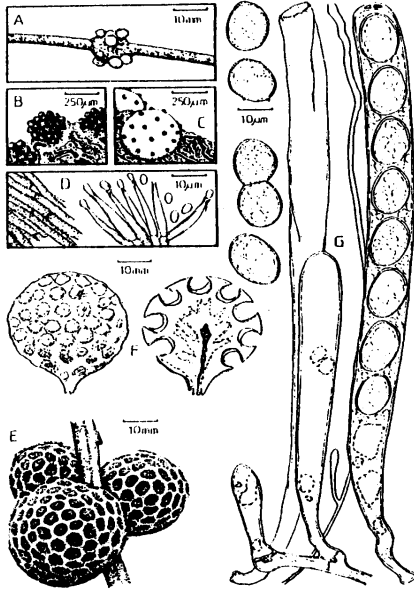
واعتقد بيريتيرو - في بادئ الأمر - أن هذه الثمار عبارة عن تدرنات ناتجة عن الجروح التي تحدثها الحشرات كما هو مألوف في بعض الأشجار في أوروبا ، لكنه اكتشف سرعة انفصال هذه الكرات الثمرية عن فروع العائل النباتي ، كما أن جلد الثمرة كان يتشقق ويغطي بانابيب تفرز مادة لزجة لبنية القوام ، تجف بعد فترة وتظهر جراثيم مسحوقية تغذف بقوة .

وبعد هذه الدراسة التي قام بها بيريتيرو ، جمع عالم الأحياء الشهير دارون Darwin بعضا من هذه الثمار ، وأرسلها إلى عالم الفطريات المعروف بيركلي Miles Berkeley ؛ الذي وصفها عام ١٨٤١ وأعطى لها اسم الجنس *Cyttaria* ووصفها ضمن الفطريات الأسكية . ومازالت هذه العينات التاريخية محفوظة في متحف الأشباب النباتية التابع للحدائق النباتية الملكية Royal Botanic Gardens بمدينة Kew بإنجلترا .

ويبلغ عدد الأنواع المعروفة التابعة للجنس *Cyttaria* حوالي ١٢ نوعا ، تم وصفها وتحديد عوائلها النباتية ، كما درست دراسة تشريحية . وتوجد معظم هذه الأنواع في معهد الفطريات الدولي International Mycological Institute في مدينة Kew بإنجلترا .

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

ومازال أهالي المكسيك يقبلون على هذا الغذاء الشعبي ، ويعتبرونه من الأطعمة المحببة لهم حتى اليوم ، ولقد لفت هذا الغذاء - المكوّن من كيزان الذرة المتفحمة - أنظار جيرانهم من الشعوب الأخرى، خاصة في الولايات المتحدة . وحاليا تباع هذه الكيزان ذات الثايل التفحمة سواء طازجة أم معلبة ، حيث يطلق عليها الاسم التجاري الكماة 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 مختلفة لنمو الأجسام الثمرية،
والطور الكونيدى (D).
(E-G) الفطر *Cyttaria espinosae* يوضح مراحل مختلفة من
المرحلة الثمرية الأممية . ascomatal stage
(Minter et al., 1987 عن)



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

وتباع هذه الكيزان المتفحمة بحوالى عشرين دولاراً للكيلو جرام ، نظراً 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 ربحاً بالمقارنة بمحصول الكيزان السليمة .

ولقد درس عديد من الباحثين القيمة الطبية لهذا الفطر ، حيث وجد أنه يحتوى على ستة عشر نوعاً من الأحماض الأمينية الحرة ، مثل حمض الجلوتاميك *L-glutamic acid* والليسين *L-lysine* والألانين *L-alanine* والارجينين *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 في تركيبها الفطريات ؛ مثال ذلك شراب الشاي الذي تنمو عليه بعض الفطريات والبكتيريا والذي يعرف في اليابان باسم هونجو **Hongo** أو كامبوتشا **Kambucha** ، كما يعرف خارج اليابان باسم عيش الغراب الياباني Japanese mushroom أو عيش غراب الشاي The Tea-Mushroom .

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

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

ولقد ذكر الباحثان (1959) List & Hufschmidt بعضا من هذه الكائنات الحية الدقيقة التي تشارك في نموها لتجهيز هذا المشروب ، وهي 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 الكيميائي لعينات من شراب عيش غراب الشاي (الهونجو) من مصادر مختلفة ، وجود اختلافات بسيطة بينها وبين بعضها ، ولكنها كلها تتميز باحتوائها على حوالي ١٪ خلات كحول الإيثايل ethyl acetate ، وحوالي ٣٪ حمض خليك acetic acid ، بالإضافة إلى نسب مختلفة من اللاكتات lactate والطرطرات tartrate وغيرها من الأحماض العضوية المختلفة .

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

وعند فحص طبيعة نمو هذه الكائنات الحية الدقيقة على سطح شراب عيش غراب الشاي ، وجد أنها تنمو في شكل غشائي شفاف ، يميل لونه إلى البني ، حيث يعمل نمو العشائر البكتيرية إلى تكوين ذلك المظهر الغشائي ، بينما تنمو تجمعات خلايا الخميرة منعمدة في هذه الأغشية البكتيرية .

ومن ناحية أخرى ، هناك بعض الفطريات الأخرى التي تستخدم في إنتاج أنواع مختلفة من الأطعمة ، مثال ذلك بعض الأنواع التابعة للجنس *Penicillium* ، التي تستعمل في إنتاج بعض أنواع الجبن وإضفاء النكهة الفاخرة عليها .

ومن هذه الفطريات ، فطر *P. roqueforti* المستعمل في صناعة الجبن الروكفورتي **Requefort Cheese** بأنواعه المختلفة ، والفطر *P. camemberti* المستعمل في صناعة الجبن الكمبرت **Camembert** ، والفطر *P. caseicolum* المستخدم في صناعة الجبن البيري **Brie** .

كما تستخدم بعض الفطريات في صناعة أنواع مختلفة من السجق (النقانق) **Sausages** ، وفي إنتاج صلصة فول الصويا **Soy Sauce** من فول الصويا والقمح . وهناك بعض الفطريات التي تستخدم في زيادة قابلية بعض منتجات الخضروات للهنيم؛ مثل فطريات *Rhizopus* ، و *Mucor* ، و *Actinomucor* ، كما تستخدم هذه الفطريات في معاملة الأرز والقمح وفول الصويا ، وإعطاء المنتج النهائي نكهة اللحم (Lockwood, 1975) .

وفي دول شرق آسيا يستخدم الأهالي بعض الفطريات في تجهيز أنواع من الأطعمة المتخمرة ؛ مثال ذلك الميسو **Miso** الذي يصنع من الأرز في اليابان ، والسوفو **Sufu** ، والتيمب **Tempeh** الذي يجهز من فول الصويا في كل من أندونيسيا والصين . ولقد أصبح السوفو والتيمب من الأطعمة النباتية الشهية التي تؤكل في الولايات المتحدة .

ويستخدم حالياً في إنجلترا الفطر *Fusarium graminearum* لإنتاج بروتين فطري **Mycoprotein** ذي جودة عالية ، حيث يضاف إليه طعم اللحم ، وتصنع منه أطعمة مفيدة وشهية ، خالية من اللحم وريخصة الثمن (Trinci, 1992) .

وتعتبر الخمائر من الفطريات الهامة التي يستخدمها الإنسان - منذ فجر التاريخ - في صناعة الخبز والبيرة ، حيث تستطيع هذه الفطريات إنتاج كميات هائلة من البروتين عند إيمانها على بعض المخلفات الناتجة من الصناعات الغذائية .

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

ويعتمد في صناعة الخبز والبيرة على أنواع من الخميرة - مثل *Saccharomyces cerevisiae* - تقوم بتحويل سكر الجلوكوز إلى كحول إيثيلي (إيثانول) وثاني أكسيد الكربون . وفي صناعة الخبز ، تقوم الفقاعات الصغيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون - التي تنتج خلال التخمر - برفع الخبز وجعل قوامه إسفنجيا ، بينما يعتبر إنتاج كحول الإيثانول هو المنتج النهائي في صناعة البيرة .

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

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

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

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

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

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

كما تستخدم بعض الفطريات في إنتاج عديد من الأحماض العضوية مثل الفيوماريك Fumaric واللاكتيك Lactic والستريك Citric والسكسينيك 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 دوراً هاماً في اقتصاديات الإنسان بما تحدثه من أمراض للنباتات الاقتصادية التي يزرعها ويهتم بها ، حيث إن معظم النباتات عرضة للإصابة بعدد من الفطريات الممرضة التي تؤدي أحياناً إلى موت العائل النباتي ، أو تحدث - على الأقل - أعراضاً تؤثر على الناتج الاقتصادي كما ونوعاً .

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

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

لمدة سبع سنين عجاف أصيبت فيها محاصيل الحبوب بأمراض وحشرات قضت عليها، ومن الأمراض التي ورد ذكرها البياض Mildew ، واللحفة Blasting . ومن الحشرات ورد ذكر الجراد . وكان اعتقاد القدماء أن هذه الافات عقاب من الله للناس بسبب خطاياهم .

وقد ذكر أرسطو Aristotle - الذى عاش فى اليونان من سنة ٣٨٤ إلى ٣٢٢ قبل الميلاد - أمراض التين والزيتون والعنب ، وفى سنة ٣٠٠ قبل الميلاد نشر ثيوفراستس Theophrastus - وهو من تلامذة أرسطو ، وأول عالم نباتى - كتابه (تاريخ النبات) ذكر فيه أمراض الزيتون والعنب والمحاصيل النجيلية ، وأوضح أنها كانت شديدة الوطأة فى اليونان ، وعلى الأخص صدا محاصيل الحبوب ، التى كانت تحدث بصفة وبائية فى بعض السنين .

وفى الوقت نفسه كان قدماء الرومان يظنون أن الصدا يحدث بسبب الصقيع أو بتأثير حرارة الشمس على نقط الندى الموجودة على النباتات ، ثم تطور الأمر عندهم حتى جعلوا من بين الآلهة - حسب زعمهم - إلهين مسئولين على إصابة نباتات القمح بالصدا ؛ هما الإله روبيجاس Robigas والإله روبيجو Robigo . وتعودوا أن يقيموا احتفالات دينية خاصة أطلقوا عليها اسم **Robigalia** ؛ لاسترضاء هذين الإلهين حتى يدفعوا عنهم شر أمراض الصدا .

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

وفى النصف الأخير من القرن الثامن عشر ، كان هناك بعض الباحثين - أمثال 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 معلومات قيمة وحقائق كثيرة عن علاقة الفطر بالأمراض النباتية .

وإذا عادت عقارب الزمن إلى عام ١٨٤٥ وتوجهننا إلى أيزلندا ، لوجدنا أن أحد الفطريات الضارة قد أثار الدمار والخراب فى حقول البطاطس هناك ،

وهي تمثل ثروة أيرلندا القومية وغذاء السكان الأساسى ، وفى هذا العام وقف المزارعون يشاهدون بإعجاب 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 .

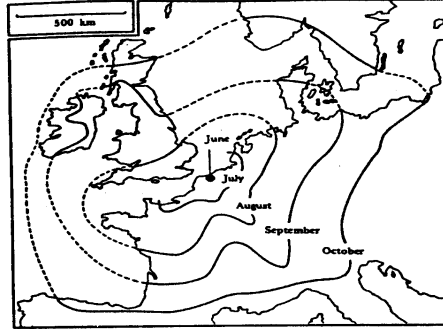
واجتاحت أيرلندا فى هذه السنة فترة رهيبة استجد فيها الناس بالناس ، ومات حوالى مليون نسمة جوعاً ومرضاً . وتسببت هذه المجاعة فى هجرة حوالى مليون نسمة أخرى هاربين بأجسادهم الهزيلة ، باحثين عن مكان آخر يجدون فيه ما يسد رمقهم . ولقد تحرك هذا المخرب الشرير إلى دول أوروبية أخرى يهلك محصولها ويشيع الخراب بين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

لقد كانت أزمة مروعة أز عجت 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 أثبتت 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 أفراداً 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 وتلوث 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 الندوة المتأخرة في البطاطس في أوروبا
عام ١٨٤٥ ؛ حيث توضح الدائرة المسوداء مركز انتشار المرض في
أيرلندا (بحث منشور عن Bourke في مجلة Nature عام ١٩٦٤) .

وأعاد الإنسان اكتشاف الفطريات المتزمنة ، والتي يستطيع بعضها مكافحة بعض
الأمراضات حيويًا . وتستخدم حالياً أنواع من الفطريات في مكافحة الحشائش
؛ الأعشاب الضارة يطلق عليها اسم Mycoherbicides . ومن أمثلة ذلك استخدام سلالة
من الفطر *Colletotrichum gloeosporioides* في مكافحة بعض الحشائش في حقول
الأرز بالولايات المتحدة ؛ حيث يباع مسحوق جرثوم الفطر تجارياً تحت
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 التي تنمو معها .

وتتعايش الفطريات مع الأحياء الأخرى في عيشة تبادل المنفعة ، حيث تلعب -

خلال ذلك - دورا هاما في اقتصاديات الإنسان سواء بطريقة مباشرة أو 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 في الغابات ويسانين الفاكهة ، وأيضاً على سطوح الأحجار والصخور مادامت رطوبة الجو عالية .

وتستخدم بعض الأشنيات في الحصول على بعض الصبغات والسكريات والكحولات، هذا بالإضافة إلى استخدام بعض أنواع الأشن في الحصول على أرقى أنواع العطور الباريسية الشهيرة . ويمكن الاعتماد على بعض الأشنيات في الغذاء ، حيث يحتوى بعضها على نسبة عالية من الكربوهيدرات ، كما يستخدم بعضها في 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 الميكوريزا حول الجذور مكونة ما يسمى الميكوريزا الخارجية ، بينما تنمو بعضها داخليا . وتساعد هذه الفطريات النباتات والأشجار على النمو في الأراضي الضعيفة ، بينما تعمل بعضها على مقاومة الأمراض (أبحاث للمؤلف واخرين 1990; 1989; Ishac et al., 1994; Ahmed et al., 1995)

وتيسر الميكوريزا الخارجية حصول الأشجار التي تنمو حول جذورها على احتياجاتها المائية حتى في المناطق شبه الجافة النادرة المطر من العالم ، كما تيسر حصول هذه الأشجار على عديد من العناصر المعدنية اللازمة للنمو مثل الفوسفور والبيوتاسيوم والحديد ، حتى لو كانت هذه العناصر موجودة في التربة على صورة أملاح غير قابلة للذوبان في 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 ، والتي مازالت تحتاج إلى مزيد من البحث والدراسة لإمطاة اللثام عنها .

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

الحيوية لهذه الكائنات الضارة (بحث للمؤلف وآخرين Amin et al., 1994) . وبعض الفطريات ذو مدى عوائلى عريض من مفصليات الأرجل ، بينما البعض الآخر 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 مكافحة الحيوية للحشرات الضارة ؛ حيث يسبب الفطر المستخدم خفض أعداد عشيرة الحشرة الضارة دون غيرها من حشرات أخرى قد يكون بعضها أعداء طبيعية لحشرات ضارة غيرها ، كما لا تسبب هذه الفطريات المستخدمة فى مكافحة 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 ، وبالتالي تعمل هذه الحشرات على المحافظة على تلك الفطريات وتساعد على إنباتها ، بل وتنقلها من جيل إلى آخر خلال مراحل حياتها .

وهناك أمثلة عديدة توضح طبيعة هذه العلاقة الوثيقة بين الفطريات وبعض الحشرات ، مثال ذلك دبابير الخشب wood wasps والنمل الأبيض (الأرضة) termites والنمل القاطع للأوراق من الجنس *Attine* وخنائس 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 خنائس 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 وعلاقتها 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 ، وايضا يتعرض لعلاقة الفطريات ببعض الأحياء الأخرى من حولها ، والتي تؤثر تأثيرا مباشرا على حياة الإنسان واقتصادياته ؛ مثال ذلك الحشرات والنبماتودا .

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

رابعا - وضع الفطريات بين الكائنات الحية :

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

وتتمو هيفات الفطر طرفيا ، ولكن معظم أجزاء الجسم الفطري thallus لدية القدرة الكامنة على النمو ؛ فاية فتية من أى جزء منه تكفى لبدء حياة جديدة ؛ مكونة هيفات الفطر وتراكيبه المميزة . ويختلف الجسم الفطري عن النباتات الراقية في كون الأول بسيط التركيب ، ولا يوجد به الجهاز الوعائي 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 لينىوس (Carlus Linneaus) 1753 ؛ حيث قسم الكائنات الحية إلى

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

ولقد صنفت الفطريات - حينذاك - في المملكة النباتية والكائنات الشبيهة بالنباتات Plant Kingdom for Plants and Plant-Like Organisms ، تحت قسم النباتات الثالوثية Subdivision Thallophyta والتي 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 ، وما زالت الفطريات تدرس كجزء من علوم النبات في بعض الجامعات والمعاهد في شتى أنحاء العالم .

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

وتختلف الفطريات عن الحيوانات في 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 السيتوبلازمي .

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

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

البكتيريا ؛ 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 .

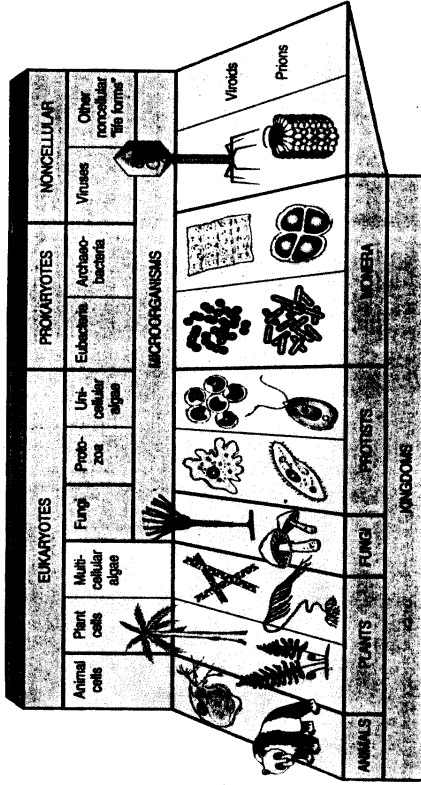
وبناءً على ذلك يمكن تقسيم الأحياء إلى خمس ممالك مختلفةً أختلافاً جوهرياً في صفاتها ؛ وهي :

- | | |
|------------------------------|---|
| Kingdom : Plantae | ١ - مملكة النباتات |
| Kingdom : Animalia | ٢ - مملكة الحيوانات |
| Kingdom : Fungi (Myceteae) | ٣ - مملكة الفطريات |
| Kingdom : Monera | ٤ - مملكة البكتيريا والطحالب الخضراء المزرققة |
| Kingdom : Protista | ٥ - مملكة القليبات |

ويتضح - مما سبق - اعتماد تصنيف الكائنات الحية على مرحلة تطورها وتركيبها الدقيق ووظيفة أعضائها . ولقد وضعت عديد من النظريات التي تفترض كيفية نشوء الحياة على الأرض وتطورها ؛ على أساس بداية الخليقة في الوسط المائي .

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 في 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 هي وجود كائنات حية تستطيع تجهيز غذائها العضوى بنفسها ، مكونة جميع المركبات العضوية المعقدة التي تحتاج إليها للنمو والتكاثر . وقد تكون الكائنات الحية الأخرى - التي لا تحتوى على هذه الصبغات الممثلة للضوء - عبارة عن طفرات ؛ حيث اعتمدت هذه الأحياء بعد ذلك في 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 ومستوى تغذية جسم الكائن الحي .
 degree of organization .

وتوضح الدراسات الحديثة أن النظرية السابقة لم تضع في حسابها الظروف الجوية التي كانت سائدة 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 ممثلة للضوء .

وبناء على ما سبق ، فإنه من المحتمل أن تكون هناك أنواع من الأحياء الدقيقة قد ظهرت في مياه المحيط الأعظم لا تحتوى على صبغاتٍ ممثلة للضوء ، هذه الأحياء كانت هي أسلاف الفطريات .

ومن ناحية أخرى تتناقش 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 الذاتية absorption من الوسط المحيط ، بينما يعتمد القسم الثالث من هذه الأحياء 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 بكائنات 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 أنوية حقيقية ، وجدار خلاياها صلب ، ولا تحتوى على صبغاتٍ ممثلة للضوء ؛ كما تمتص غذاءها الذائب فى الماء من البيئة التى تنمو عليها عن طريق جزء من نمواتها 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 في بعض الفطريات الراقية - مثل فطريات عيش الغراب - فإنها تكون غير تامة التكوين .

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

كما أن بعض الفطريات تتشابه مع الطحالب في صفاتها الخارجية وفي دورة حياتها ، حتى أن بعض الباحثين يضع هذه الفطريات مع الطحالب غير الملونة non pigmented algae ، وهي الطحالب غير ذاتية التغذية ؛ لعدم قدرتها على القيام بعملية التمثيل الضوئي .

ويتضح مما سبق أن هناك ارتباطاً 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 في مياه المحيط الأعظم ؛ مصداقاً لقوله تعالى (جعلنا من الماء كل شيء حي) صدق الله العظيم .

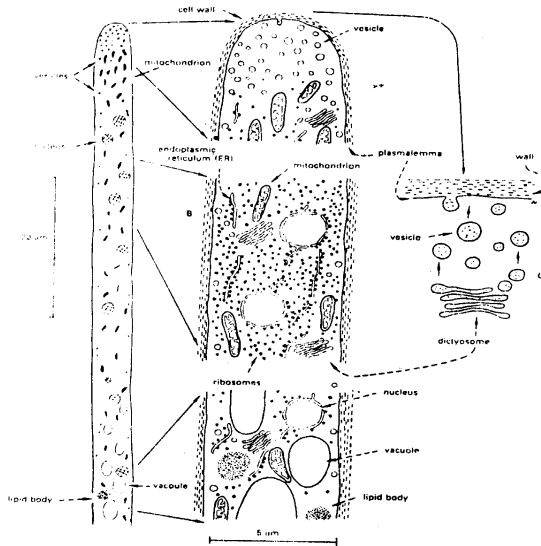
خامساً - المراجع : References

- Ahmed, M. A. (1983) . Untersuchungen zur Mikroflora der Phyllosphaere von Gerste. Dissertaton zur Erlangung des Doktorgrades der Georg-August-Universität zu Göttingen. 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 Arbuscular 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 - Rotting 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 Pilzzinhaltsstoffe. 5 - Über Biogene
 Amine und Aminosäuren 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 Beautiful 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 حوالي ٦٣ ألف نوع فقط ، يضاف إليها حوالي ألف نوع جديد سنوياً . وحيث إن معظم هذه الفطريات ضئيلة الحجم ، لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ، كما أن عدد المشتغلين في مجال الفطريات في العالم محدود للغاية ، فإن ما يظهر لنا من فطريات هو جزء ضئيل من حجم هائل من الفطريات التي تعيش على سطح الأرض أو في مياه البحار والمحيطات . ويعتقد أن العدد الكلي للفطريات حوالي ١,٥ مليون نوع ، وهذا العدد يفوق عدد النباتات الزهرية المعروفة .

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

وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن هناك تحت قسم آخر يضم الفطريات التي لم يشاهد لها حتى الآن أي تكاثر جنسي ؛ وهو تحت قسم الفطريات الناقصة Deuteromycotina . وتتكاثر هذه الفطريات الناقصة عن طريق أطوار كوندية anamorphic states ، بينما لا تتكون أطوار كاملة teleomorphic states ؛ لذلك يطلق على هذه الفطريات اسم الفطريات الناقصة Fungi Imperfecti (جدول ١ - ١) .

وتعيش بعض الفطريات في علاقة تبادل منفعة مع بعض الطحالب ، مكونة نمواً مشتركاً يعرف باسم " الأشن Lichens " . ويبلغ عدد الأنواع الفطرية التي تخصص

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

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

عدد الأنواع الفطرية	تحت قسم Sub Division	
١١٧٠	Mastigomycotina	١ - الماسينجومايكوتات
٧٦٥	Zygomycotina	٢ - الفطريات الزيجية
٢٨٦٥٠	Ascomycotina	٣ - الفطريات الأسكية
١٦٠٠٠	Basidiomycotina	٤ - الفطريات البازيدية
١٧٠٠٠	Deuteromycotina	٥ - الفطريات الناقصة
١٣٥٨٥	الإجمالي	

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

ولا يوجد - حتى الآن - تصنيف معتمد لهذه الفطريات الناقصة ، ولكن يمكن اعتبار التصنيف الذي 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 العلمي واكتشاف مزيد من صفات هذه الفطريات .

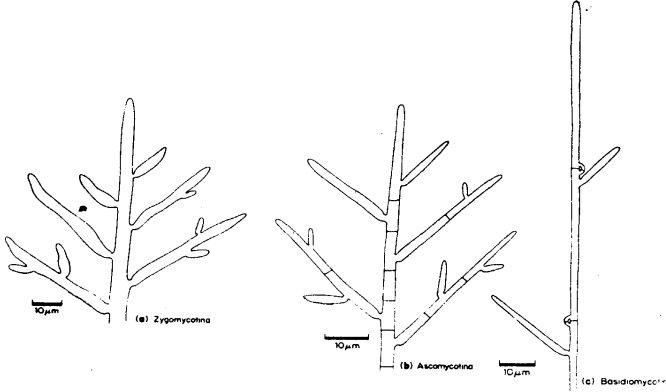
أولا - الميسليوم الفطري The Fungal Mycelium :

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

وتتجمع الهيفات مكونة جسم الفطر ، والذي يطلق عليه اسم الغزل

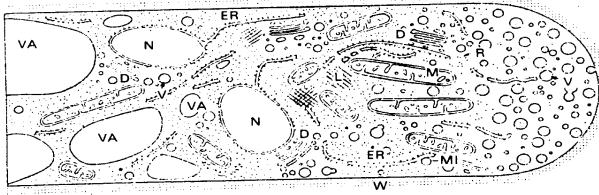
الفطري (ميسليوم mycelium) . وقد تقسم خيوط الهيفات بجدر عرضية ، وتعرف بالهيفات المقسمة septate hyphae ، بينما الفطريات غير الراقية تكون غير مقسمة الهيفات aseptate hyphae حيث تسيح أنويتها فى مدمج خلوى .
coenocytic hyphae

وقد تقسم الجدر العرضية هيفا الفطر إلى أجزاء هيفية متعددة الأنوية multinucleate compartments ، وتتميز هذه الجدر العرضية بأنها متقبة بعدد 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 .

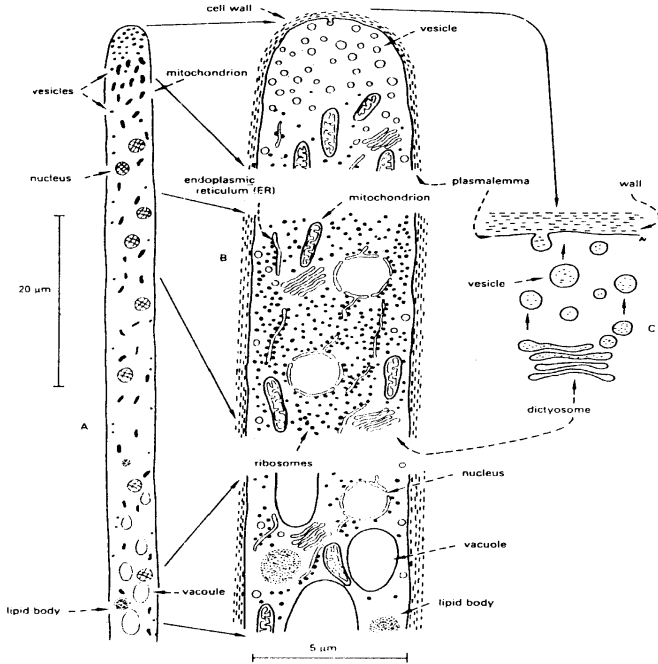
- (a) : هيفا غير مقسمة aseptate hypha ل فطر يتبع الفطريات الزيجية .
(b) : هيفا مقسمة septate hypha ل فطر يتبع الفطريات الأسكية .
(c) : هيفا إلى مقسمة ، يتكون عند جدرها العرضية روابط كلابية clamp connections ل فطر يتبع الفطريات البازيدية .
(عن Hudson, 1986) .



شكل (١ - ٢) : رسم تخطيطي يوضح تركيب القمة النامية لهيifa فطرية .
(عن Grove & Bracker. 1970) .

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

ويتم نمو هيifa الفطر وتفرعها عند قمته النامية ذات الجدار المرن الرقيق ، بينما يتميز الجدار الخلوي - في المنطقة التي تلي القمة النامية - بأنه أكثر صلابة ؛ مما يجعل الهيifa النامية محتفظة بشكلها الأنبوبي (شكل ١ - ١) . وتظهر مناطق التفرع عند منطقة النمو الطرفية ؛ حيث يندفع السيتوبلازم إلى هذه النموات الجديدة .



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

١ - الجدار الخلوي :

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

ويحتوي الجدار الخلوي لهيفات معظم الفطريات على كمية قليلة من الشيتين *chitin* ؛ وهو مركب معقد صلب يتم تخليقه من مادة *N-acetylglucosamine* ، يعمل على صلابة الجدر الخلوية للهيفات الفطرية . ولكن لا يوجد الشيتين في هيفات بعض الفطريات ؛ مثل الفطريات البيضبة ، وبعض الخمائر التابعة للفطريات الأسكية .

ويكون الشيتين ٣-٦٠٪ من الوزن الجاف للجدار الخلوي ، وعادة يرتبط الشيتين بالجلوكانات ؛ مثل

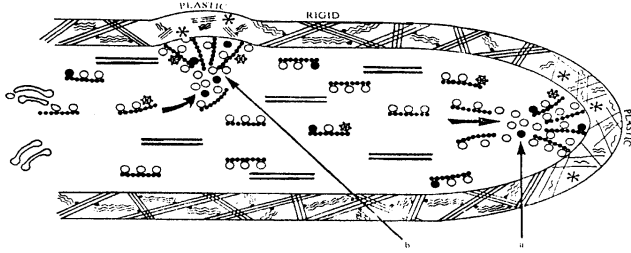
α 1,3 and 1,4 linked glucans و *non-cellulosic β-1,3 and 1,6 linked glucans* .

ولقد قسم *Bartnicki-Garcia* (١٩٦٨) الجدر الهيفية للفطريات - من ناحية محتواها من السكريات المعقدة - إلى ثمانى مجموعات ، حيث وجد أن هذا التقسيم ذو علاقة ارتباطية بالمجاميع التصنيفية للفطريات .



قمة الهيفا - جدار خلوي مرن - سيتوبلازم متجانس .	جدار خلوي صلب - ظهور فقاعات فسي السيتوبلازم .	وجود الجدر العرضية - فقاعات كبيرة الحجم السيتوبلازم موجود على صورة طبقة رقيقة على محيط الخلية الخارجى تحت الجدار الخلوي ، 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 والمكونة عن طريق أجسام جولجى Golgi bodies ، والتي تنتقل إلى القمة النامية (a) ومنطقة التفرع (b) .
(عن Gooday, 1995) .

فعلى سبيل المثال ، وجد أن معظم الفطريات الراقية ذات الميسليوم المقسم تحتوى درها 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 معقد من سلاسل متفرعة من الجلوكوز المرتبط بروابط β -1,3 و β -1,6 .

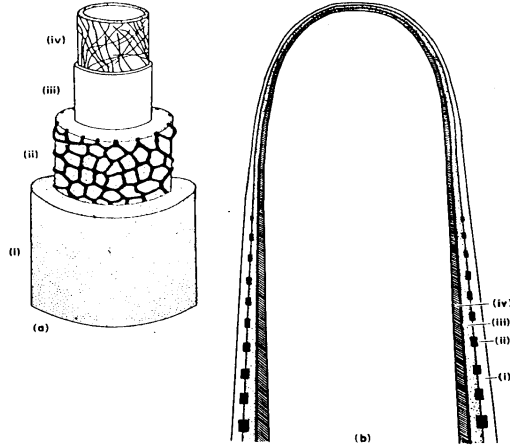
جدول (١ - ٢) : التركيب الكيميائي لجدر هيفات المجاميع الفطرية.
عن (Bartnicki-García, 1968)

التركيب الكيميائي للجدار الخلوي	المجموعة التصنيفية
معدن من السيليلوز والجليكوجين cellulose - glycogen	Acrasiomycetes
معدن من السيليلوز والجليكان cellulose - glycan	Oomycetes
معدن من السيليلوز والشيتين cellulose - chitin	Hyphochytridiomycetes
معدن من الشيتين والشيتوسان chitin - chitosan	Zygomycetes
معدن من الشيتين والجلوكان chitin - glucan	Chytridiomycetes
معدن من الشيتين والجلوكان chitin - glucan	Ascomycotina
معدن من الشيتين والجلوكان chitin - glucan	Basidiomycotina
معدن من الشيتين والجلوكان chitin - glucan	Deuteromycotina
معدن من المانان والجلوكان mannan - glucan	Hemiascomycetes Saccharomycetaceae Cryptococaceae
معدن من المانان والشيتين mannan - chitin	Basidiomycotina Sporobolomycetaceae
معدن من البولي جلاكتوز أمين والجلاكتان polygalactos amine - galactan	Trichomycetes

ومن المميزات الأخرى لجدر هيفات الفطريات البيضية ، وجود الحمض الأميني هيدروكسي بروتين hydroxyproline . ولا يوجد هذا الحمض الأميني في الفطريات ذات الجدر الشيتينية ، ولكنه يميز الجدر الخلوية للطحالب الخضراء والنباتات البذرية . ويعتقد أن هذا الحمض الأميني يكون رابطة هامة بين السيليلوز وبروتينات الجدار الخلوي .

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

كما أن تركيب الجدار الخلوي لأي نوع من الفطريات ليس متشابهًا تحت جميع الظروف ، بل على العكس من ذلك ، فالمركبات التي قد تكون موجودة في الهيفات الفطرية عند بداية تكوينها قد تختفي كلية عندما تتقدم هذه الهيفات في العمر .



- شكل (١ - ٦) : (a) : رسم تخطيطي لطبقات الجدار الخلوي للفطر *Neurospora* .
- (i) : طبقة الجلوكانات الخارجية .
- (ii) : طبقة مكونة من شبكة الجلوكانات المغمورة فسي بروتين الجدار الخلوي .
- (iii) : طبقة البروتين الجداري الأساسية .
- (iv) : الطبقة البروتينية الداخلية والتي يتفرد فيها الألياف الشيتينية الدقيقة chitin microfibrils .
- (b) : رسم تخطيطي لتكوين الجدار الخلوي 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 تبرعها .

ويتميز الجدار الخلوى لهيئات معظم الفطريات بتكوين متعدد الطبقات ؛ حيث تظهر الطبقة الداخلية مكونة من نسج 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 ، حاطة بغشاء نووى مزدوج توجد به ثقب عمل كممرات لتبادل المواد الغذائية وغيرها بين النواة والسيتوبلازم ، إلا أن عدد هذه الأنوية يختلف فى كل من خلية الفطر و خلية 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 حد كبير - نظيراتها الموجودة فى سيتوبلازم

خلايا النباتات الخضراء . وتلعب هذه الجسيمات دوراً كبيراً فى 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 فجوات عصيرية ، وجليكوجين ، وقطرات زيتية ، ومواد أخرى توجد معلقة أو ذائبة 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 نووية 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 صبغات أخرى غير ممثلة 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 والمغنسيوم والحديد .

ثانياً - النمو الطولي و التفرع الجانبي :

يتكون مسليوم الفطر من هيفات متفرعة تفرعا أحادى الشعبة monopodial ؛ حيث يتم التفرع على طول المحور الأسمى . 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 القمي للمحور الأصلي للهيفا دون تفرع ، يعمل على استمرار النمو الطولي للهيفا؛ مختزقة المادة التي تنمو عليها (شكل ١ - ١) . ويتوقف معدل النمو الطولي of 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 التي تظهر على طول محور الهيفا الأصلي بمجموعة من العوامل ، بعضها يرتبط بنوع الفطر ، والبعض الآخر بالعوامل الخارجية ؛ مثل تركيز الأكسجين ووفرة العناصر الغذائية . وتمتد هيفات الفطر نتيجة دفع البروتوبلازم المتكون ، والذي يرتبط تكوينه بمستوى التغذية .

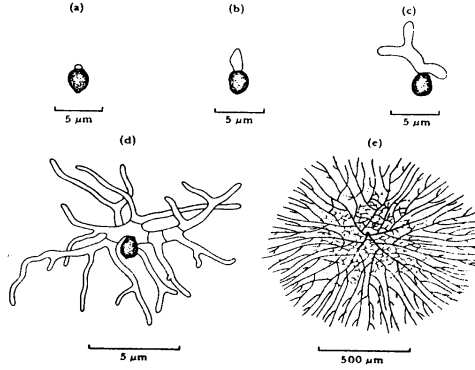
وتكون هيفات الفطر المتكونة وثيقة الاتصال بالطبقة العضوية التي تنمو عليها ؛ حيث تستمد غذاءها عن طريق الانتشار الغشائي المباشر . وتفرز هيفات الفطر مجموعة متباينة من الإنزيمات الخارجية المحللة للمواد العضوية ، تعمل على استنفادة الفطر من مختلف المواد الصالحة لغذائه . كما يعمل نمو الهيفات وتفرعها على زيادة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

ويبدأ نمو الهيفات الفطرية - عادة - كأنبوب قصير ينبثق من جرثومة أو كونيذة نابتة ؛ حيث تميل هذه الهيفات للنمو بطريقة مائلة في جميع الاتجاهات ، من نقطة مركزية تمثلها الجرثومة أو الكونيذة أو أية وحدة تكاثرية أخرى ؛ حيث تتكون - بعد ذلك - مستعمرة كروية الشكل ، وخاصة إذا نما الفطر في بيئة سائلة (شكل ١ - ٧) .

وعند نمو هذه الهيفات الفطرية على سطح بيئة صلبة ، فإنها تنمو - أيضا - في جميع الاتجاهات على ثلاثة مستويات ، مكونة مستعمرة ذات شكل محدب . وينمو على سطح المستعمرة هيفات هوائية aerial hyphae ، بينما تخترق بقية الهيفات المادة العضوية التي ينمو عليه الفطر . وتساعد الإنزيمات المحللة التي تفرزها هيفات الفطر على اختراقها للمواد العضوية الصلبة التي تنمو عليها ؛ حيث تعتمد قدرة الهيفات الفطرية على اختراق مثل هذه المواد العضوية على مدى التهوية المتاحة .

وتظهر على المحيط الخارجي للمستعمرة الفطرية أطراف القمم النامية لهيئات الفطر ، فروعها الجانبية ؛ حيث تنمو المحاور الرئيسية لهذه الهيئات بطريقة متوازية ، بينما تتداخل الفريعات الجانبية بعضها مع بعض مكونة شكلاً شبكيًا . وتتركز فى مركز المستعمرة أقدم هيئات الفطر عمراً ؛ حيث تظهر عليها التراكيب الفطرية الحاملة للوحدات التكاثرية .

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



شكل (٧ - ١) : تطور تكوين مستعمرة فطرية من جرثومة وحيدة .

- (a) بداية إنبات الجرثومة .
 (b) ظهور أنبوب الإنبات .
 (c) تفرع أنبوب الإنبات .
 (d) تكوين هيئات متفرعة ومقسمة .
 (e) مستعمرة فطرية دائرية النمو ذات هيئات متشابهة .

ويكون الغزل الفطري (الميسليوم mycelium) أثناء نموه أشكالاً مختلفة من الأنسجة الفطرية plectenchyma ؛ حيث تتكون هذه الأنسجة الفطرية - عادةً - من هيفات مفككة متوازية يسهل تمييز بعضها من بعض ، يطلق عليها اسم النسيج البروزنشيما prosenchyma ، بينما تكون بعض الفطريات أنسجة فطرية مدمجة تتكون من هيفاتٍ فرديتها ولا يمكن التمييز بينها ، وتسمى بالنسيج البارانشيما الكاذب pseudoparenchyma كما في أنسجة فطريات عيش الغراب .

وفي بعض الفطريات يختزل النمو الميسليومي ولا تتكون هيفات فطرية ، بل يكون الفطر خلايا منفردة وحيدة صغيرة الحجم ، تنقسم مكونة وحداتٍ أخرى تبقى على الخلية الأم لفترةٍ ، ثم تتحرر بعد ذلك ، أو يتم الانقسام والتحرر في نفس الوقت .

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

ويتضاعف عدد أفراد عشيرة الخميرة المنقسمة مع الوقت ، وخاصة أن الوقت اللازم للانقسام والتضاعف قليل نسبياً ، 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 .

وفي الطريقة الثانية ، تتبرعم خلايا الخميرة budding عند نقطةٍ من جدارها الخلو، وتستمر الخلية المتبرعمة متصلة بالخلية الأم . وعندما تصل الخلية البرعمية إلى الحجم الحرج فإنها تنفصل عن الخلية الأم ، وتبدأ هي الأخرى في التبرعم ... وهكذا (شكل ١ - ٨) .

وقد تتبرعم خلية الخميرة من أكثر من نقطةٍ على سطح الخلية في وقتٍ واحدٍ ، وأيضاً قد تتبرعم الخلية البرعمية قبل انفصالها عن الخلية الأم ؛ وبذلك تتكون كتل من سلاسل من خلايا الخميرة المتبرعمة ؛ وهذا يؤدي إلى تضاعف قدرة الخميرة على التكاثر ، وتكوين أفراد جديدة .

ثالثاً - التكاثر : Reproduction

بعد أن يمضى الفطر فترة من نموه الميسليومي ، فإنه يبدأ فى تكوين وحدات تكاثرية متخصصة ، يطلق عليها - عادة - اسم " جراثيم spores " . وتتيح هذه الوحدات الانتشار السريع للفطر إلى أماكن أخرى قريبة من مكان نموه ، أو بعيدة كل البعد عنها . كما تساعد هذه الوحدات الفطرية على الاحتفاظ بحبوية الفطر - خاصة تحت الظروف السيئة - لفترات طويلة قد تصل إلى عدة سنوات .

ويهدف الفطر - من تكوين هذه الوحدات التكاثرية - إلى تكوين أفراد جديدة تحتفظ بجميع خصائص النوع . وتتكون هذه الوحدات التكاثرية بطريقتين : جنسية أو لاجنسية ، ويتميز التكاثر الجنسي باندماج أنوية أو خلايا أو أعضاء جنسية ، بينما لا يتضمن التكاثر اللاجنسى ذلك .

١ - التكاثر اللاجنسى Asexual Reproduction :

يشمل هذا النوع من التكاثر أية طريقة يتبعها الفطر للتكاثر لإنتاج أفراد جديدة متطابقة وراثياً مع الميسليوم الفطرى المكون لها ؛ مثل تفتت هيفات الفطر مكونة جراثيم مفصليّة arthrospores ، أو أويدات oidia ، أو جراثيم كلاميديّة chlamydospores ، أو انشقاق الخلايا الجسدية أو تبرعها كما هى الحال فى الخمائر . وبالإضافة إلى ما سبق ، يعتبر تكوين الجراثيم - خاصة الكونيدية conidia - هى أكثر طرق التكاثر اللاجنسى شيوعاً بين الفطريات .

وتفاوت الجراثيم اللاجنسية ؛ من حيث اللون ، والحجم ، والشكل ، وعدد الخلايا ، والطريقة التى تتكون بها ؛ بدرجة كبيرة تجعل من دراسة مثل هذه الجراثيم علماً قائماً بذاته ، يُعتمد عليه فى تصنيف هذه الفطريات وتعريفها .

وقد تتكون هذه الجراثيم داخل حوافظ جرثومية (أكياس أسبورانجية sporangia) ، وتعرف حينئذ باسم الجراثيم الأسبورانجية sporangiospores (شكل ١ - ١٠) ، أو تتكون الجراثيم على أطراف أو جوانب هيفات فطرية متخصصة تحمل عليها ، وتعرف حينئذ باسم " الكونيديا conidia " (شكل ١ - ١١) .

وتشبه الحافظة الجرثومية شكل الكيس ؛ حيث تتحول جميع محتوياتها الداخلية - عادةً - إلى عدة جرثائم ، قد تكون متحركة (جرثائم سباحة zoospores) ، أو تكون غير متحركة (جرثائم ساكنة aplanospores) .

وتزود الجرثائم السباحة بسوط واحد أو سوطين flagella ، ويوجد على الأقل طرازان من الأسواط في الفطريات ، الكرباجي whiplash ، والبهرجاني tinsel الطراز . وينقسم السوط الكرباجي إلى جزأين ، يكون القاعدي منهما صلماً وأكثر طولاً من الجزء الطرفي ، أما السوط البهرجاني فإنه يتكون من محور ريشيّ طويل يظهر على امتداد محوره بروزات جانبية تشبه الشعر (٣ - ١١) .

ويطلق على الأكياس المحتوية على مثل هذه الجرثائم السباحة اسم zoosporangia ؛ بحيث تتحرر الجرثائم من فتحة خاصة في قمة الكيس ، ثم تسبح لفترة ، وبعد ذلك تفقد أهدابها أو تسحبها إلى داخل سيتوبلازم الجرثومة . ويتكون جدار صلب حول الخلية الساكنة العادية ، وبعد ذلك بفترة تنبت الجرثائم معطية أنبوب إنبات قصيرا germ tube (شكل ١ - ٩) .

وعلى أية حال ، تتشابه الجرثائم الهدبية المتحركة والجرثائم الإسبورانجية والكونديا في كونها تحتوي على جزء من سيتوبلازم الأباء parent s cytoplasm ، وأيضاً على أنوية تحمل نفس الصفات الوراثية الأبوية ؛ وبالتالي فإنه عندما تنمو واحدة من هذه التراكيب اللاجنسية الفطرية ، فإنها تعطى ميسليوماً متطابقاً وراثياً مع ميسليوم الأباء parent mycelium .

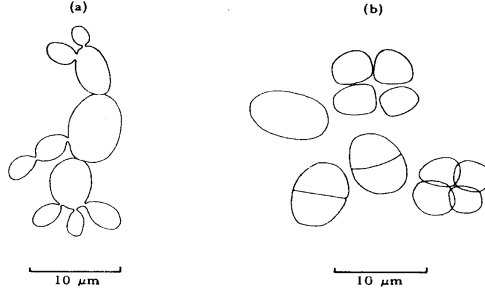
وتعمل هذه الوحدات الفطرية على الانتشار السريع للفطر إلى أماكن أخرى جديدة ؛ حاملتها معها نفس صفات الأباء دون أي تغيير . كما أن هذه الوحدات الفطرية الصغيرة تتميز بعمرها القصير ؛ الذي قد يصل إلى عدة ساعات فقط ، بعدها تفقد حيويتها وتفشل في الإنبات . ويرجع ذلك إلى احتوائها على مخزون غذائي قليل ، بالإضافة إلى حساسيتها للعوامل المعاكسة التي تؤثر على حيويتها ؛ نظراً لرقّة جدارها الخلوي .

ومن الناحية الإحصائية ، فإن فرصة وصول وحدة فطرية لاجنسية إلى مكان ملائم للإنبات وتكوين مستعمرة فطرية جديدة هي فرصة ضئيلة للغاية ؛ وهذا يفسر تكوين الفطر أعداداً هائلة من هذه الوحدات الفطرية اللاجنسية ؛ حيث تتيح هذه الأعداد

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

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

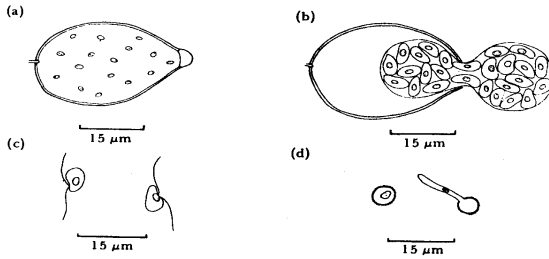
إن الأفراد الناتجة من التكاثر اللاجنسى أفراد نمطية غيبية ، تعيش وسط ظروف قاسية وأعداء طبيعية لا ترحم ، فإذا استمرت هذه الأفراد في التكاثر لاجنسيا لفترة طويلة انقرضت ، وأصبحت ذكرى قد تحملها البنا حفزية فطرية قديمة .



شكل (١ - ٨) : طريقتان لاتقسام خلايا الخميرة .

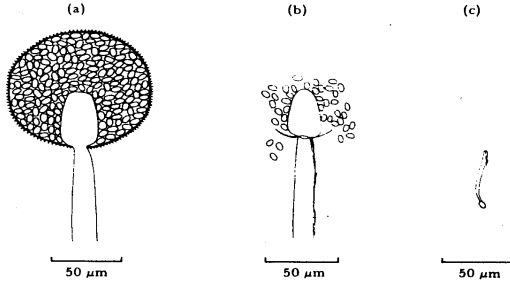
(١) : التبرعم في خميرة *Saccharomyces* . (b) : الاتقسام الثنائى فى خميرة *Schizosaccharomyces* .

وقد تلجأ بعض الفطريات إلى تكوين طفرات ، فى محاولة منها لتغيير بعض صفاتها ، ولكن من الذى يضمن أن مثل هذه الطفرات تحمل صفات جيدة ؟ ، بل على العكس من ذلك ، فإن معظم هذه الطفرات تكون سيئة ، وتعجل بانقراض مثل هذه الأنواع الفطرية السيئة الحظ .



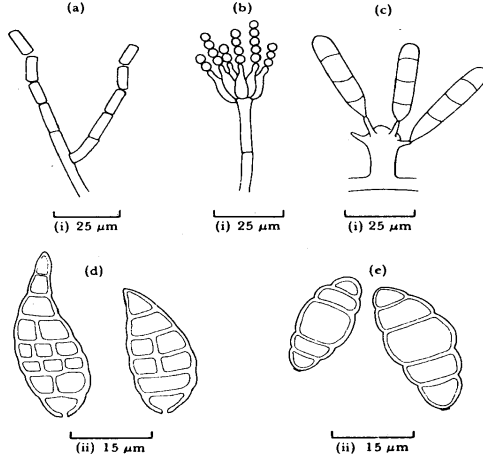
شكل (٩ - ١) : الأكياس المحتوية على الجراثيم الهدبية المسماحة zoosporangia في الفطر *Phytophthora*.

- (a) : كيس متعدد الأوتية .
 (b) : ظهور الجراثيم الهدبية وحيدة النواة.
 (c) : جراثيم هدبية ذات سوطين.
 (d) : جرثومة متحوصلة وأخرى نابئة .



شكل (١٠ - ١) : كيس أسبورانجي للفطر *Mucor*.

- (a) : كيس أسبورانجي يحتوي على جراثيم أسبورانجية غير متحركة .
 (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 التي 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 طفورية أخرى تشوِّج الصفات الوراثية للأجيال التالية .

ولقد وجدت الفطريات في التكاثر الجنسي حلاً نموذجياً لهذه المشكلة الحيوية الهامة التي تهدد بقاءها ؛ فالتكاثر الجنسي شئ رائع ، يتم خلاله التطهر من الطفرات

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

٣ - التكاثر الجنسي Sexual Reproduction :

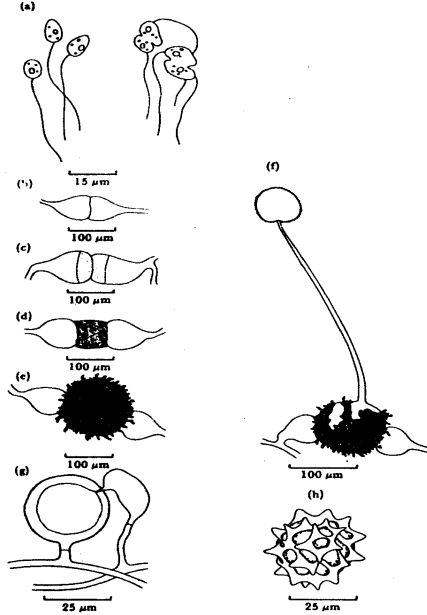
إن التعفف عن الجنس في الفطريات شئ غير مرغوب فيه ؛ فهو سلوك عارض ضد التطور ، ونحن نعتبر أن الفطريات التي لا يظهر لها سلوك جنسي في تكاثرها ينقصها شئ هام ؛ لذا نطلق عليها اسم " الفطريات الناقصة Fungi Imperfecti " ، وإن كانت هذه الفطريات تسلك سلوكا يتم خلاله نقل جزء من المادة الوراثية من فرد إلى آخر بطرق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

ويعمل التكاثر اللاجنسي الذائع الصيت في الفطريات على إقبالها بتحمل وزر أخطاء وراثية عديدة ؛ حتى لتعجز بعض أفرادها عن الاستمرار على قيد الحياة . وقد لا تستطيع بعض الأفراد الأخرى من هذه الفطريات الاستمرار في السباق التطوري مع اقترانها المتكاثرة جنسياً ؛ وبذلك تؤدي عزوبية الفطريات إلى أن تشيخ سلالاتها وتهرم، ثم تنقرض وتصبح نسياً منسياً .

ويعتبر التكاثر الجنسي في الفطريات وسيلة ملائمة لتجميع الأفضل ، والتخلص من الأسوأ ، وهو نوع من التخلص الخلف من أخطاء السلف ، إنه نافورة الصبا السرمدى للجنينات التي تحملها الأفراد الفطرية ، متحدية بها الزمن والأعداء الطبيعية والظروف السيئة .

ويتضمن التكاثر الجنسي في الفطريات اندماج نواتين متالفتين compatible nuclei وذلك خلال ثلاثة أطوار مميزة ؛ هي : الاقتران البلازمي plasmogamy ، يليه الاقتران النووي karyogamy ، ثم يتبع ذلك انقسام النواة الناتجة عن الاندماج انقسامًا اختزاليًا meiosis .

ويعمل الاقتران البلازمي على الجمع بين نواتين أحاديتي المجموعة الصبغية في خلية واحدة ؛ حيث يؤدي الاقتران النووي إلى اندماجهما في نواة لقاحية واحدة ثنائية المجموعة الصبغية ، ثم يعمل الانقسام الاختزالي إلى إعادة حالة أحادية المجموعة الصبغية في الأربع نويات الناتجة عنه .



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

- a - اتحاد جاميطين متحركين بأسواط .
- b - c - اتحاد جاميطات غير متحركة من نفس الحجم في الفطر *Mucor* ، وتكوين جرثومة زيجية سمكية الجدار .
- f - إنبات الجرثومة الزيجية مكونة كيمسا أسبورانجيا .
- g - اتحاد جاميطات متباينة في الشكل والحجم في الفطر *Pythium* .
- h - جرثومة بيضية سمكية الجدار ناتجة من اتحاد الجاميطة المذكورة والجاميطة المؤنثة للفطر *Pythium* .

وتنتقل الأنوية الجنسية sexual nuclei بعضها إلى بعض بطرق مختلفة ؛ فقد تحمل في خلايا متحركة motile cells ، وقد تكون إحدى الخلايا متحركة ، والأخرى غير متحركة ، أو تكون كلتا الخليتين غير متحركتين ، وتظلان ملتصقتين بهيئات 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 ذكورية وأخرى أنثوية ، بينما فى حالات أخرى تتشابه هذه الخلايا الجنسية (الجاميطات) . وربما لا تتكون خلايا جنسية على وجه الإطلاق ، ويتم التكاثر الجنى عن طريق اتحاد نواتين مختلفتين وراثيسا فى خلية الميسليوم الثنائى الأنوية .

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

ولولا التكاثر الجنى 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 المحتملة 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 المحتملة 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 الجنى أو اللاجنسى للفطريات .

وتتميز جراثيم الانتشار xenospores بكونها خفيفة الوزن ، رقيقة الجدر . أما الجراثيم المتحملة للظروف السيئة memnospores فهي 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 في نشر وحداته الفطرية إلى مناطق أخرى وبيئات 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 .

وتحرر هذه الجراثيم سلبياً ؛ حيث تنفصل عن حواملها عندما يستكمل تكوينها وتتضح ، وتحملها الرياح أو مياه الري أو الحشرات إلى أماكن أخرى ، وقد تقذف جراثيم الانتشار بقوة تبعاً لآلية معينة ؛ كما هي الحال في فطر قاذف القبعة *Pilobolus crystallinus* ، أو فطر المدفعية الفطرية *Sphaerobolus* .

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

وتحمل جراثيم الانتشار - عادة - مخزوناً محدوداً من الغذاء المدخّر ، وتعتمد قدرتها في استكمال نموها على حصولها - بعد ذلك - على مدد غذائيّ من الوسط الذي تنمو فيه .

٣ - الجراثيم المحتملة للظروف السيئة Memnospores :

تتميز هذه الجراثيم - وغيرها من التراكيب الفطرية المشابهة - بقدرتها على البقاء حية في مكان تكوينها ، متحملة الظروف السيئة التي يمر بها الفطر . وتعتبر الجراثيم الكلأميدية chlamydo spores من التراكيب الفطرية الشائعة التي تكونها الفطريات ذات الميسليوم المقسم .

وقد تتكون الجراثيم الكلأميدية داخل كونيديات بعض الفطريات ؛ كما هي الحال في الأنواع التابعة للجنس *Fusarium* والفطر *Mycocentrospora acerina* ، حيث تتكون هذه الجراثيم تحت الظروف السيئة غير المناسبة لأنبات كونيديات الفطر .

ومن ناحية أخرى ، يمكن اعتبار بعض الجراثيم الجنسية ذات الجدر السمكية ، والتي تكونها الفطريات - مثل الجراثيم البيضية oospores والجراثيم الزيجية zygo spores - من الجراثيم المحتملة للظروف السيئة memnospores .

وعلى الرغم من سمك الجدر الخلوية لهذه الجراثيم ، فإن بعض هذه الجراثيم تفقد حيويتها بعد فترة ؛ وذلك لأن الغذاء المدخّر يكون - عادة - غير كافٍ لإمداد الجراثيم باحتياجاتها الغذائية لفترةٍ طويلةٍ ، تتعرض خلالها للظروف السيئة والمواد المضادة للحياة الأخرى التي تفرزها الكائنات الحية الأخرى الموجودة حولها .

كما أن بعض هذه الجراثيم تفشل في استكمال مراحل الإنبات ؛ وذلك لوقوعها في منافسةٍ شديدةٍ على العناصر الغذائية الخارجية مع عديد من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى حولها ؛ حيث يثبط ذلك إنبات هذه الجراثيم .

وتفقد الجراثيم المحتملة للظروف السيئة جزءاً من غذائها المدخّر عن طريق تنفسها البطيء ، وكلما زادت فترة بقائها دون إنبات استهلك جزء كبير من هذا الغذاء المدخّر ،

حتى تصل إلى مرحلة لا يكفي ما تحتويه من مادة غذائية إلى إنباتها وتكوين أنبوب إنبات . كما أن الغشاء السيتوبلازمي لهذه الجراثيم يكون أكثر تأثراً بالظروف السيئة المحيطة به كلما تقدمت في العمر .

ولقد لوحظ انخفاض التمثيل الغذائي في الجراثيم المتقدمة في العمر ؛ حيث يؤدي ذلك إلى تشجيع الإنزيمات المحللة لمحتويات هذه الجراثيم ذاتياً ، وفي هذه المرحلة تصبح مثل هذه الجراثيم المسنة أكثر تأثراً بالإنزيمات والتوكسينات التي تفرزها الكائنات الحية الدقيقة الأخرى التي تنمو معها في نفس الوسط .

ومن العوامل الأخرى - التي تعمل على فقد هذه الجراثيم - تغذية بعض الحيوانات الصغيرة *fungivorous animals* عليها ؛ حيث تتعرض الجراثيم للعصارة المعدية القوية داخل القناة الهضمية لهذه الحيوانات . ومن أمثلة الحيوانات المتغذية على جراثيم الفطريات اللحم والنيماطودا ، 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 والأكثينومايسيتات . ولقد وجد أثناء عزل بعض الجراثيم البيضية لأنواع 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 والأكثينومايسيتات (Sneh et al., 1977) .

٣ - الأجسام الحجرية *Sclerotia* :

تعتبر الأجسام الحجرية أحد التراكيب الفطرية المتحملة للظروف البيئية السيئة ، والتي تكونها عديد من الفطريات التابعة لطوائف الفطريات الأسكية والباذيدية 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 في شكلها وحجمها تبعاً لنوع الفطر المكون لها . وتُظهر هذه الأجسام الحجرية نوعاً من

التخصص في التركيب ؛ حيث تكون في بعض الحالات قشرة خارجية داكنة اللون ، تتكون من عدة طبقاتٍ مندمجة ، ذات لون داكن .

وخلال نضج الجسم الحجري يفقد هذا الجسم جزءاً من محتوياته المائية ، كما تتراكم داخله بعض المواد الغذائية المدخرة ؛ مثل الجليكوجين glycogen ، والترايهالوز trehalose ، وغيرها . وتنبت الأجسام الحجرية تحت الظروف المواتية ؛ منتجة ميسليوماً جديداً ، بينما ينتج عن إنبات الأجسام الحجرية لبعض الفطريات الأخرى تراكيب تناسلية .

ويمكن للأجسام الحجرية البقاء محتفظةً بحيويتها لعدة سنوات ، أكثر من غيرها من التراكيب الفطرية الأخرى ؛ فعلى سبيل المثال ، تبقى الأجسام الحجرية للأنواع التابعة للجنس *Verticillium* حية في التربة لمدة تزيد على ١٤ سنة (Sussman, 1973) .

وتعتبر درجة الحرارة المنخفضة وارتفاع الرطوبة من العوامل غير المناسبة لبقاء الأجسام الحجرية على قيد الحياة لفترةٍ طويلةٍ ، كما تلعب بعض الأحياء الدقيقة دوراً فعالاً في فقد الأجسام الحجرية لحيويتها ؛ مثل الفطريات المتطفلة والأكثينوميسينات .

ويؤثر وجود نسبةٍ عاليةٍ من المواد العضوية في التربة على حيوية الأجسام الحجرية ؛ حيث تشجع هذه المواد العضوية نشاط الكائنات الحية الدقيقة حول هذه الأجسام الحجرية . وتعتبر إضافة المخلفات العضوية المتحللة إلى التربة إحدى وسائل خفض فعالية الأجسام الحجرية للفطريات الممرضة للنبات .

وتحتوى بعض الأجسام الحجرية على مضاداتٍ حيويةٍ ؛ تكون فعالة ضد نشاط الأحياء الدقيقة في التربة حول هذه الأجسام الحجرية ؛ مما يقلل من فعالية هذه الأحياء الدقيقة في تثبيط حيوية الأجسام الحجرية . وعلى سبيل المثال اكتشف المضاد الحيوي بيرون Pyron المضاد لنمو البكتيريا ، والذي تفرزه الأجسام الحجرية للفطر *Rhizoctonia tuliparum* (Gladders & Coley - Smith, 1978) .

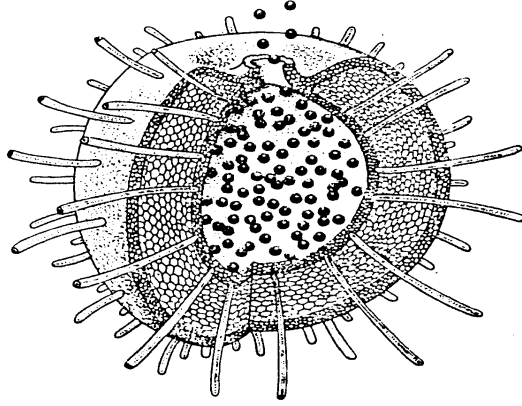
وتتكون التراكيب الفطرية المتحملة للظروف السيئة (مثل الجراثيم الكلاميدية ، والأجسام الحجرية) تحت الظروف غير المناسبة ؛ كنقص الغذاء ، وانخفاض نسبة الكربون إلى النيتروجين في المادة الغذائية التي ينمو عليها الفطر .

ومعظم التراكيب الفطرية السابقة داكنة اللون ؛ ويرجع ذلك إلى ترسيب مادة الميلانين في جدارها الخلوي ، 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 .
- Goody, 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 *Phytophthora 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 الثاني



الفطريات الحفرية

الباب الثاني

الفطريات الحفرية والحفريات الفطرية

Fossil Fungi & Fungal Fossils

مقدمة :

من الأسئلة التي 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 بائسة بعض بقايا لفطريات حفرية Fossil fungi موجودة في 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 (البروتوزوى) الوحيد أو المتعدد ؛ وأيضاً تتباين الآراء 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

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

كما يمكن اعتبار الفطريات المتطفلة parasites أكثر رقيًا من المترمسة saprophytes ، والمتطفلات إجبارياً أكثر رقيًا من الاختيارية ، والطفيليات الأكثر تخصصًا أكثر رقيًا من تلك الأقل تخصصًا ... وهكذا . أى إن تطور الفطريات يسير في اتجاه النمو الأرضى وتعمد 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 الأهل .

كما جانب الصواب بعض المشتغلين بالحفريات القديمة ، مثال ذلك ما وصفه Eichwald عام ١٩٣٠ لحفريات كانت عبارة عن ثمار لفطريات عيش غراب رفية 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 الاونة الأخيرة . إلا أنه مازالت هناك صعوبات جمة لوضع تصور ما عن تطور هذه الفطريات على مر التاريخ ، وأيضاً لتوضيح العلاقات المحتملة بين هذه الفطريات والمجاميع الرئيسية للفطريات المعاصرة .

ولقد وجدت بعض الحفريات الفطرية فى عديد من رواسب العصور القديمة ، والتي كانت تحتوى على حفريات لكائنات حية أخرى كانت تشارك هذه الفطريات الحفريّة بيئتها . إلا أن الفطريات الحفريّة لم تتلّ حطاً وإفراً من دراسة واهتمام الباحثين فى مجال حفريات النباتات البائدة Palaeobotanists والباحثين فى مجال دراسة حبسوب لقاح هذه النباتات Palynologists .

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

ومن ناحية أخرى ، لاحظ بعض الباحثين فى مجال التتابع الطبقي للحفريات ، أن الحفريات التى توجد فى الطبقات العليا الحديثة تكون غالباً أكثر تشابهاً بالكائنات الحية المعاصرة ، بينما يقل هذا التشابه كلما كانت الطبقات أكثر عمقاً وعمراً . وبذلك اتضح أن الصخور الرسوبية تحمل بين طبقاتها سجلاً محفوظاً يحكى تطور الكائنات الحية ، والتي تبدأ بسيطة التركيب ، ثم تزداد تعقيداً مع مرور الزمن .

ولقد اهتم بعض الباحثين العاملين فى مجال الحفريات بتسجيل مشاهداتهم من الفطريات الحفريّة ، وأثار 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 الحفريّة) (The geological records of fossil fungi) .

وتستخدم مثل هذه التسجيلات الجيولوجية فى دراسة علم التتابع الحفري للأحياء البائدة Biostratigraphy الذى يهتم بدراسة حفريات الأحياء البائدة وعلاقتها بالوحدات الصخرية فى التتابع الطبقي . ولقد أظهرت هذه الدراسات أن الحفريات فى تغير مستمر ، حيث تظهر أنواع جديدة وتقرض 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 حاراً أو دافئاً معتدلاً ممطراً ، ولكنه لا يمكن أن يكون بارداً أو جافاً ، 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 حالياً . كما أنه من الملاحظ أن التوزيع الجغرافى للبحار واليابسة كان مختلفاً تماماً 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 تغيير صفات الكائنات الحية - ومنها الفطريات بطبيعة الحال - سواء فى الشكل والحجم أم فى الصفات الحيوية الأخرى ؛ مما أدى إلى تطورها تدريجياً إلى نوع ربما لا يتفق كثيراً مع النوع الأصيل ، 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 في استكمال الحياة والتطور ، وقد تنقرض أفراد أخرى من العشيرة نتيجة عدم مواعتها للظروف البيئية .

وباستمرار درجة التطور في 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 وازدهرت في 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 التي حدثت للأرض . فمن المحتمل أن تكون هذه الحركات القوية قد أدت إلى تغيير الظروف البيئية والمناخية مما كان له الأثر الكبير في حياة بعض الكائنات الحية ، وهذا ما سوف نناقشه في 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 في شتى المجالات للحصول على نتائج متكاملة يمكن الاستفادة منها ، وذلك بمقارنتها مع نظيراتها من الفطريات المعاصرة .

وعلى ذلك فإن هذه الفطريات البائدة الموجودة في الرواسب الحفرية يمكن دراستها لبيان مدى استجابتها للظروف البيئية التي كانت سائدة في 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 سرخسي حفري من العصر الكربوني ، عرف بعد ذلك أنه للفطر الحفري *Excipulites neesii*.

وفي عام ١٨٧٧ نشر De Bary بحثا في جامعة أكسفورد بعنوان (مقارنة الشكل الخارجي 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 الشاسق ، ثم زادت المعلومات تدريجياً، خاصة في 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 الحفریات ، وزادت المعلومات الخاصة بالأحياء البائدة التى كانت تعيش فى مثل هذه البيئات القديمة Paleohabitates .

ويكفى ما يتوفر حالياً 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 الحفریات الفطرية التى تم الحصول عليها حتى الآن بحوالى ٥٠٠ حفرية ، موزعة على حوالى ٢٥٠ جنسا حفرياً (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 الحفریات الفطرية تشمل التعرض لتطور الحياة العضوية للكائنات الحية على مر العصور ، فإنه تجب الإشارة إلى العصور الجيولوجية التى عاصرت نشأة الفطريات وتطورها ، والتي 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

الفترة دهر الحياة الخفية (hidden life) Cryptozoic أو ما قبل الكمبرى Pre-Cambrian ، ويعتقد أن هذا الدهر استمر حوالي أربعة الاف مليون سنة .

ويقسم هذا الدهر إلى حقتين ، الأولى حقبة الأركيوزوى Archeozoic (Archaean) ، ويطلق عليها أيضا حقبة ما قبل الكمبرى السفلى ، حيث استمرت من ٤٦٠٠ إلى ٢٦٠٠ مليون سنة . والحقبة الثانية هي حقبة البروتيروزوى Proterozoic (Algokian) ويطلق عليها حقبة ما قبل الكمبرى العلوى ، حيث استمرت من ٢٦٠٠ إلى ٦٠٠ مليون سنة ، وفيها ظهرت باكورة الحياة الأولية .

وبعد ذلك ظهرت الحياة الظاهرة (غير الخفية) لنا فى دهر الفانيروزوى Phanerozoic الذى امتد حوالى ٦٠٠ مليون سنة . ويقسم هذا الدهر إلى ثلاثة أحقاب جيولوجية ، هي حقبة الحياة القديمة (Ancient life) Palaeozoic التى استمرت حوالى ٣٧٠ مليون سنة ، وحقبة الحياة المتوسطة (Middle life) Mesozoic الذى 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 البرمي Permian : استمر حوالي ٥٠ مليون سنة .

٤ - حقبة الحياة الوسطى Mesozoic Era :

- أ - العصر الترياسي Triassic : استمر حوالي ٤٩ مليون سنة .
 ب - العصر الجوراسي Jurassic : استمر حوالي ٤٦ مليون سنة .
 ج - العصر الطباشيري Cretaceous : استمر حوالي ٧٢ مليون سنة .

٥ - حقبة الحياة الحديثة Cenozoic Era :

أ - العصر الثلاثي (النظام الثالث) Tertiary System :

- زمن الباليوسين Paleocene : استمر حوالي ٥ مليون سنة .
 • زمن الأيوسين Eocene : استمر حوالي ٢٢ مليون سنة .
 (فجر الحياة الحديثة)
 • زمن الأوليجوسين Olegocene : استمر حوالي ١١ مليون سنة .
 • زمن الميوسين Miocene : استمر حوالي ١٢ مليون سنة .
 • زمن البليوسين Pliocene : استمر حوالي ١٢ مليون سنة .

ب - العصر الرباعي (النظام الرابع) Quaternary System :

- زمن البليستوسين Pleistocene : استمر حوالي ١-٢ مليون سنة
 • زمن الهولوسين (العصر الحديث) Holocene : بدأ منذ ١٥ ألف سنة ،
 حيث ساد الجنس البشري على سائر الأحياء بعد ظهوره على سطح
 الأرض منذ حوالي ٢٠-٣٠ ألف سنة مضت .

ويشير سجل الحفريات الفطرية إلى أن حقبة ما قبل الكامبري Pre-cambrian ،
 والتي استمرت حوالي أربعة آلاف مليون سنة ، شأهدت بداية ظهور الحياة على
 الأرض على صورة كائنات حية بسيطة وحيدة الخلية ، تسبح في مياه المحيط
 الأعظم .

ثانياً - الفطريات الحفرية البدائية :

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

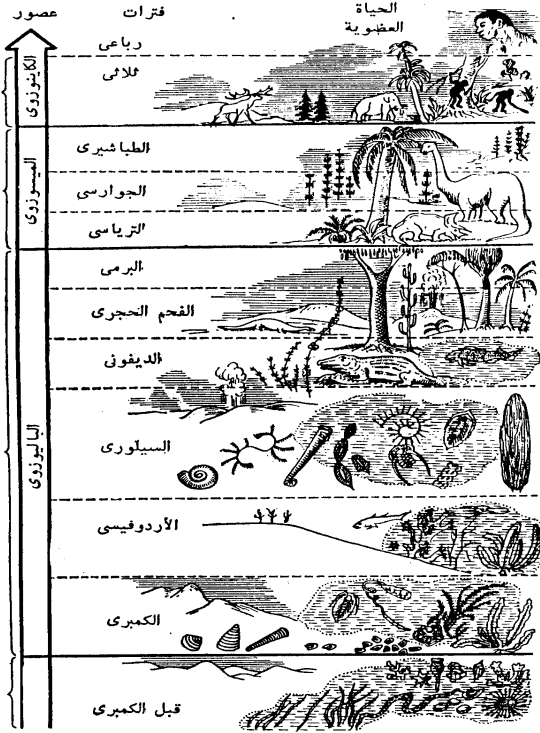
وعلى ذلك ، فإن حقب ما قبل الكمبرى كان بداية لظهور فطريات العفن المائية التي تتبع الفطريات البيضية الأولية *dawn of Oomycota* . وفي حقب ما قبل الكمبرى المتأخر Late Precambrian ، ظهرت الفطريات المكونة لما يشابه الأكياس الأسكية ، من تحور في عضو التانيث البيضى *oogonium* ، والتي تشابه الأفراد المعاصرة من عائلة فطريات العفن المائية *Saprolegniaceae* .

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

ولقد وجدت حفريات لفطريات بدائية ، تجمع بين صفات الفطريات البيضية والطحالب ، مثال ذلك الجنس البائد *Ordovicimycetes* . 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 .

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

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



شكل (٢ - ١) : تطور الحياة العنصرية في مختلف العصور الجيولوجية .

وأظهرت الدراسة السابقة أن أنسجة النبات الحفرى تحتوى على جراثيم كروية لشكل وحيدة الخلية ذات جدار سميك أملس (شكل ٢ - ٢) قد تكون لفطر باند يتبع لكتيريدات ، ذو علاقة بأنسجة النبات يرجح إنها طفيلية . 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 .

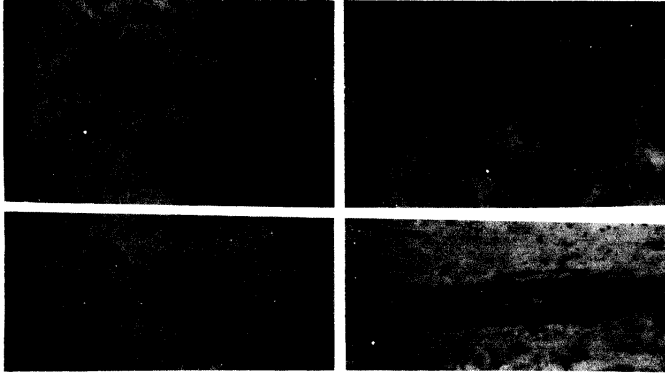
كما لوحظ فى كثير من الحفريات وجود فطريات بيضية بدائية ، وأخرى كيتريدية موجودة مع بقايا حيوانات مرجانية أولية وذلك فى حفريات ترجع للحقب الكمبرى ، واستمر وجود مثل هذه الحفريات حتى حقبة الحياة الحديثة Cenozoic .

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 ظروفًا 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 يمهّد 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 البرمي Permian - منذ حوالى ٢٣٠ مليون سنة مضت - ظهرت الأشجار المخروطية التى كونت غابات كثيفة غطت جزءا كبيرا من اليابسة .



شكل (٢ - ٢) : مقاطعات فى أنسجة نبات *Nothia aphylla* الحفرى توضح وجود الجراثيم الكروية الوحيدة الخلية لفطر كيتريدى بالذ داخل أنسجة النبات المعائل 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 الحفرى *Palaeomyces gordonii* ، والفطر الحفرى *P. asteroxylis* ، 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 الميكورهيذا الداخلية endomycorrhizae فى حفريات نباتية ترجع إلى

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

وشملت هذه الدراسة وصفا لجراثيم فطريات الميكور هيزا التى تم العثور عليها ، مثل حجم وشكل هذه الجراثيم ، وتركيب الجدار الخلوى والحوامل الجرثومية . ولقد وجدت حفريات هذه الفطريات على صورة جراثيم كلاميديه 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 الهيفات شكل ساق قمعية funnel-shaped stalk تحمل الجرثومة الكلاميديه .

وبناء على أشكال وتراكيب جراثيم وهيفات ذلك الفطر الحفرى ، يعتقد الباحثان أن هذه الحفرية لأحد فطريات الميكور هيزا الداخلية الباندة ، وهى تشبه فى صفاتها صفات الجنس المعاصر *Glomus* . ولقد أظهرت الدراسات الحديثة على الجراثيم الكلاميديه 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 ميكور هيزا حوصلية ذات تفرعات شجرية 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 الميكور هيزا

التي تطورت بعد ذلك لتمثل نظاما مشاركا لحياة جميع جذور نباتات الأرض الوعائية تقريبا .

ولقد ذهب الباحثان (Pirozynski & Malloch) (1975) فى بحثهما المنشور بعنوان (نشأة النباتات الأرضية) إلى أن علاقة تبادل المنفعة بين تلك الفطريات الأولية والنباتات الوعائية البدائية قد وصلت إلى مرحلة متقدمة ، أدت إلى تطورهما معا لتكوين النباتات الأرضية المعاصرة ، وذلك منذ حوالى ٢٢٥ مليون سنة مضت ، ثم استمر التطور بعد ذلك على مدى ملايين السنين .

ولا يعتبر ما ذكره الباحثان السابقان نوعا من الخيال العلمى ، فلقد أثبتت الأبحاث الحديثة أن الحمض النووى DNA الموجود فى الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء فى خلايا النباتات الراقية - وهى جسيمات (عضيات) تقوم بدور حيوى هام فى 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 النووى DNA فى شكل لولب مزدوج تلتحم نهايتاه معا ، ولا يتعقد بوجود البروتين الهستونى . ويؤيد ذلك أن جسيمات الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء ذات أصل بدائى ، وربما كانت خلايا لأولييات متطفلة داخل خلايا كائنات راقية ذات نواة حقيقية ، ثم استقرت بها بعد ذلك .

وكثيرا ما تشاهد كرات من الفحم ترجع إلى العصر الكربونى بها أجزاء نباتية محفوظة بطريقة سينة ، ويظهر بها آثار العفن . ويمكن ملاحظة وجود تجمعات من 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 فطرية أو أكياس جرثومية ، لذلك يعتقد بعض الباحثين أن هذه التراكيب لفطريات كيتريدية باندة . ولقد وجدت خلايا متجمعة لفطريات شبيهة بالكيتريدات convincing chytrid like cells فى أنسجة بعض البذور وفى الجراثيم الكبيرة megaspores وفى حبوب اللقاح (Millay & Taylor, 1978) .

كما شوهدت أكياس لجراثيم سابعة swamporangia لفطريات كيتريدية يحتوى كل

منها على كتل عديدة من البروتوبلاست المكون للجراثيم السابحة ، وكذلك شوهه ثقب
تحرر exit pore في جدار الكيس الجرثومي ، تنطلق منه هذه الجراثيم السابحة
للخارج .

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

ومن ناحية أخرى ، وجدت عديد من الحفريات لهيفات فطرية متفرعة وغير
مقسمة لفطريات بيضية في كرات فحم ترجع للزمن البنسلفاني التاسع للعصر
الكربوني المتقدم، ولقد اكتشف في هذه العينات جاميطات مؤنثة oogonia وأخرى
مذكرة antheridia في 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
عقب الحياة القديمة الثاني Newer Palaeozoic ، حيث تحولت هذه الفطريات من النمو
في المياه المالحة في البيئة البحرية إلى النمو في المياه الأقل ملوحة عند شواطئ البحار
ومصببات الأنهار ، ثم تأقلمت بعد ذلك على النمو في بيئة المياه العذبة . وكان هذا
التحول هاما وحاسما ، حتى تستطيع هذه الفطريات - بعد ذلك - النمو على اليابسة ،
في قفزة حضارية غيرت وجه الأرض .

وفي دراسة للباحثين (Taylor et al. , 1992) خاصة بالفطريات الكيتريدية من
العصر الديفوني المبكر Lower Devonian ، وجدت فطريات حفريّة كيتريدية
مطمورة في 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 التي تم فحصها غير غطائية inoperculate ، وهذا يدل على أن تحرر الجراثيم الهدبية يتم خلال تحلل جدار الكيس الجرثومي أو من خلال أنبوبة تحررية ، بينما كانت الأكياس الجرثومية الغطائية operculate قليلة فسي 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 التكهّن 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 والبايزيدية منذ حوالى ٣٤٥ مليون سنة مضت .

ولقد أدى اكتشاف حفريات لهيفات الفطر البائد *Mycorrhizonium* داخل ريزوم أحد النباتات الحفرية القديمة إلى اهتمام الباحثين بدراسة نشأة فطريات الميكروهيزا الداخلية ؛ وذلك فى عديد من النباتات التريديّة 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 الى أنها لفطر متطفل، أو لفطر متعايش مع جذور هذه النباتات ، ولربما تكون العلاقة بينهما تبادلا للمفعة .

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 اليباض الزغبي على الأوراق .

وفى العصر الميوسينى *Miocene* ، التابع لحقبة الحياة الحديثة *Cenozoic* ، ظهرت حفريات لفطر باند يتبع الجنس الحفرى *Pythites* ، الذى يشابه الجنس المعاصر *Pythium* . وأيضاً شوهدت حفريات لفطريات كيتريدية فى جذور وأخشاب نباتات تابعة للعصر الكربونى ، مثل الجنس الحفرين *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 الباند *Zygosporites* ؛ الذى يشابه طحالب الماء العذب ، والجنس الفطرى الباند *Sporocarpon* ، الذى وجدت نمواته على بعض أوراق السراخس الحفرية فى شمال أفريقيا .

ثالثاً - الفطريات الحفرية الأسكية :

أثبتت (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 الكامبرى المتأخر *Late Pre-Cambrian* ، أى منذ حوالى ٦٠٠ مليون سنة .

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

ومائية كانت مطمورة في رواسب صخرية ترجع إلى العصر الديفونى والكربونى ،
تحتوى على فطريات حقيقية ، كان بعضها مترمما ومحللا لبعض الأجزاء النباتية
المتحللة مكونا للدبال ، بينما كان البعض الآخر 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
الينسلفانى التابع للعصر الكربونى المتأخر ، نسبت إلى الجنس الحفرى *Protoascon* .
وفى عينات أخرى لفطريات أسكية حفزية ، شوهدت هيفات متفرعة ومقسمة بجدد
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 الفيلوسفير *Phyllosphere* ، حيث يعتقد أن نشأتها ترجع إلى العصر الترياسى
المتأخر *Late Triassic* ، فى بداية حقبة 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
للحجم فى حقبة الحياة القديمة *Palaeozoic* إلى غياب الفطريات الأسكية فى ذلك الوقت
، والتى بدأ ظهورها بعد ذلك فى العصر الترياسى *Triassic* فى مستهل حقبة الحياة
الوسطى *Mesozoic* .

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

العصر الأيوسيني Eocene ، وهو عصر فجر الحياة الحديثة منذ حوالي ٤٠ مليون سنة مضت . ومن هذه الفطريات الحفرية بعض الأجناس البائدة ؛ مثل *Meliola* ، و *Asterolibertia* ، و *Asterima* ، و *Euthalopycnidium* ، و *Patouillardia* .

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

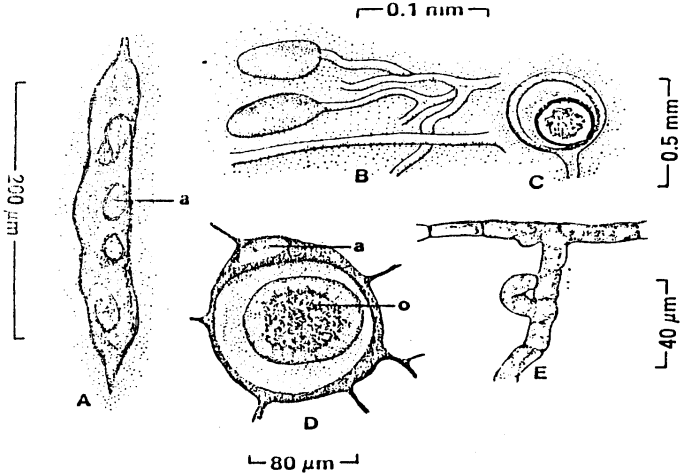
وفي بعض الحفريات الفطرية شوهدت هيفات تحيط بأجسام ثمرية أسكية مقفولة للجنس الحفرى البائد *Mycocarpon* ، تشابه إلى حد بعيد تلك الموجودة حول الأجسام الثمرية لفطريات البياض الدقيقى المعاصرة التابعة لرتبة *Erysiphales* .

كما شوهدت مثل هذه الأجسام الثمرية الأسكية في 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 أجسام ثمرية أسكية مقفولة ، يحتوى كل منها على ٣٠ كيسا أسكيا ، 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 .

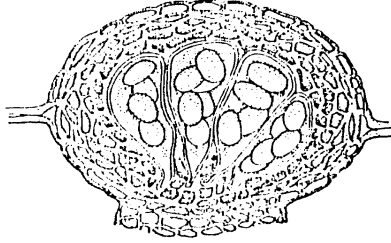
ومن الجدير بالملاحظة عند فحص التركيب الفطرى السابق ، وجود هيفات مفككة وتموجة حول الجسم الثمرى الأسكى المقفول *ascomycete cleistothecium* ، تحمل روابط كلابية واضحة (شكل ٢ - ٣) ، بينما تتكون الطبقة الداخلية من ميسليوم بارانشيمى كاذب *pseudoparenchymatous mycelium* ، يتكون من هيفات ذات حواجز برميلية الشكل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

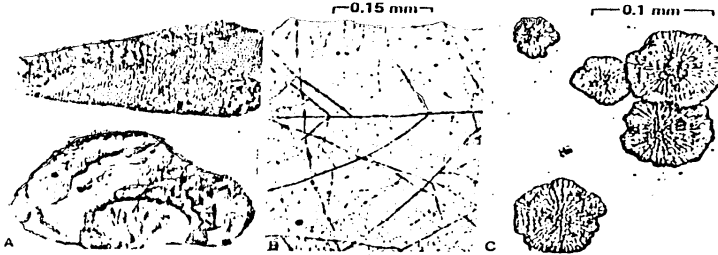


- شكل (٢٠ - ٣) : A = تركيب يشبه الكيس الأسكى يحتوى على جراثيم أسكية من عصر ما قبل الكمبرى .
 B = هيفا متفرعة غير مقسمة ذات نهاية منتفخة للجنس الحفرى *Palaeomyces* .
 C = جرنومة ساكنة سمكية الجدار على قمة هيفا للجنس الحفرى *Palaeomyces* ، من العصر الديفونى .
 D = جاميطة مؤنثة فطرية fungal oogonium تحتوى على بويضة oosphere (O) ، وربما تكون الخلية (a) عبارة عن الجاميطة المذكرة antheridium . والعينة الحفرية ترجع إلى الزمن البنسلغاني التابع للعصر الكربونى .
 E = هيفا فطرية تحمل رابطة كلايية للجنس البازيدى الحفرى *Palaeancistrus* من الزمن البنسلغاني .



0.1 mm

شكل (٢ - ٤) : قطاع خلال جسم ثمرى أسكى مقبول للجنس المعاصر *Erysiphe* يوضح الأكياس الأسكية المحتوية على الجراثيم الأسكية ، حيث تظهر الأكياس الأسكية من نموات ممتدة من جدار الجسم الثمرى الأسكى .



شكل (٢ - ٥) : A = الفطر الحفرى *Fomes idahoensis* . عينة حفرية من العصر الثالث التابع لحقب الحياة الحديثة . يوضح الشكل العلوى السطح السفلى للجسم الثمرى الرقيق ذى الثقوب العديدة ، بينما يوضح الشكل السفلى السطح العلوى للجسم الثمرى .
 B = هيifa للفطر السطحى الحفرى *Asterina* . على سطح ورقة نبات *Sapindus* .
 C = حشيات ثمرية stroma للفطر الحفرى *Callimothallus* على سطح ورقة نبات *Sapindus* .

وقد أعاد بعض الباحثين فحص عينات الفطر الحفري السابق *Palaeosclerotium* ، حيث يسود الآن اعتقاد بأن هذه العينة تضم أكثر من فطر حفري واحد ، وربما يفسر ذلك تداخل الصفات الفطرية ، والتراكيب التي تميز الفطريات الأسكية عن البلازيدية . وقد يتطلب الأمر مزيداً من الفحص والدراسة على عينات حفريّة أخرى .

وفي حقبة الحياة الحديثة Cenozoic ، ظهرت الفطريات الأسكية المكونة للأجسام الثمرية المفتوحة *apothecia* ، والتي كونت المجموعة الفطرية المعاصرة *Discomycetes* ، وكذلك الأجسام الثمرية الدورية المطورة فى حشيات ثمرية *ascostroma* ، وهى أسلاف الفطريات الأسكية الحشيرية 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 التي تنوعت فيها الأشجار العاريات البذور ؛ مثل الصنوبر ، والأرز ، وكذلك الأشجار المغطاة البذور ؛ مثل الحور والنخيل والكافور ، بالإضافة إلى أنواع هائلة من الحشائش والنباتات الحولية التي مازال بعضها موجوداً حتى الآن .

ومن الفطريات الأسكية الحفريّة الأخرى التي تم إكتشافها ، فطريات *Rosellinia* ، و *Termatosphaeria* ، و *Hypoxyton* ، بالإضافة إلى فطر حفري محلل للجنين هو *Cryptocolax clarnesis* الذى يشابه الفطر المعاصر *Xylogone sphaerospora* .

ومن ناحية أخرى ، ظهرت بعض التراكيب الفطرية ، مثل هيفات وجراثيم لفطريات حفريّة محفوظة داخل كتل من الكهرمان . وعادة ما يتم تكوين مثل هذه الحفريات الفطرية عندما تلتصق هيفات الفطر وجراثيمه خلال نموها على المجموع الخضري بمادة صمغية لزجة تفرزها الأشجار الصنوبرية ، حيث ينظمر 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 التي وجدت فى حبات الكهرمان : *Torula* ، و *Ganotobrytes* ، و *Cladosporium* ، و *Paecilomyces* .

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

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

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

وعندما فحصت هذه العينات ميكروسكوبيا ، شوهدت أجسام ثمرية ذات جدار مركب ، تحتوى على تجويف داخلي ببيضاوى 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 ببيضاوية 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 في الجسم الثمري ، 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 (شكل ٢ - ٦ ، و ١٠ ، ١١) ، فيبلغ سمكها ١١ - ١٤ ميكرونا ، ويبدو أنها تتكون من نفس الخلايا المكونة للطبقة الداخلية .

ويفتح الجسم الثمري بفتحة صغيرة ostiole ، يبلغ قطرها ٣٥ - ٥٠ ميكرونا (شكل ٢ - ٦ - ١٥) ، ذات حافة قصيرة (شكل ٢ - ٦ - ٩) ، حيث يظهر جدار الجسم الثمري رقيقا في هذه المنطقة (شكل ٢ - ٦ - ٩ ، ١٠) ، ولا تشاهد فيه الطبقة الوسطى .

ويوضح الفحص الخارجى لجدار الجسم الثمري 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 منفردة ، ولا تتوزع بانتظام على سطح الجسم الثمري .

ويبلغ طول الزوائد الهيفية أكثر من ١٢٥ ميكرونا ، وقطرها ٤,٥ - ١٠ ميكرونات ، وهي تبدو منحنية قليلا على محورها . وعند عمل قطاع عرضي في هذه الزوائد الهيفية ، يظهر تجويف داخلي على شكل بقعة داكنة اللون في المركز ، بينما يظهر هذا التجويف في القطاع الطولي 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 ، سمكة الجدار وذات سطح محبب ، إلا أنه لم تشاهد أكياس أسكية أو خلايا مولدة للجراثيم داخل الجسم الثمري .

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

الهيئات ٢٩ - ٦٠ ميكرونا . وعند دراسة هذه الهيئات ميكروسكوبيا ، لوحظ احتمال أن تكون هذه الهيئات هي المكونة للكونيديات المفصليّة .

ومن ناحية أخرى ، شوهدت أطراف لـهيئات فطرية (شكل ٢ - ٦ - ٥) ، ظهرت فيها - أيضا - التجاويف الطولية السابق ذكرها ، والتي يمكن اعتبارها نموات الميسليوم الفطري حيث كانت مصاحبة لأجزاء نباتية متحللة .

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

وفي المناطق التي تظهر فيها الزوائد الميسليومية على جدار الجسم الثمري ، يظهر المنشأ الداخلي لها ، والذي يعتقد أنه نتيجة نمو الخلايا المضلعة المكونة للطبقة الوسطى إلى الخارج .

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

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

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

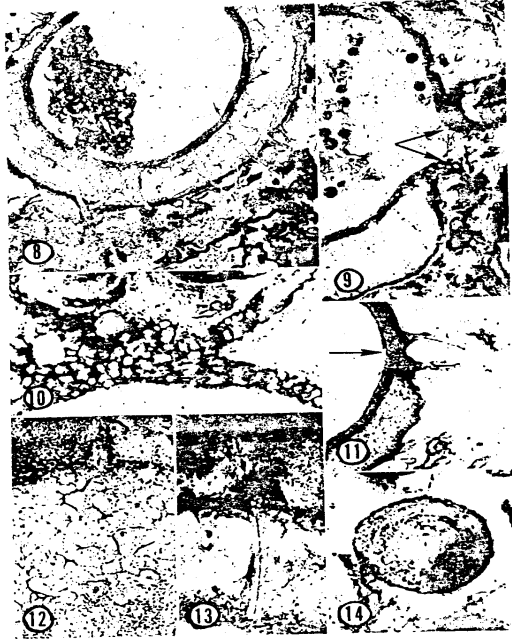


- شكل (٢ - ٦) : تركيب الجسم الثمرى للفطر الحفرى *Indochaetophora antarctica*.
- 1 - قطاع في الجسم الثمرى sporocarp يوضح الفتحة ostiole ذات الفوهة البارزة (انظر السهم) .
 - 2 - جسمان ثمرتيان ، الأسفل يوضح الجدار العديد الطبقات ، بينما يوضح الجسم الثمرى الآخر (المشار إليه بالسهم) قطاعاً طولياً يظهر فيه التشعب والزوائد المنتصفة .
 - 3 - مجموعة من الكونيديات المفصليّة arthroconidia ، في قطاع طولى .
 - 4 - كونيديات مفصليّة في قطاع عرضيّ يوضح التجويف المركزي الضيق .
 - 5 - مجموعة من الهيفات الجسدية (مشار إليها بالسهم) نامية فسي مادة عضوية متحللة .
 - 6 - تجمع ميسليومى يكون تركيباً كروياً .
 - 7 - شكل تفصيلي للميسليوم في جدار التركيب الكروي ، 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 مقسمة .

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

وربما تقدم مثل هذه الفطريات الحفرية دليلاً على وجود حلقات مفقودة في سلسلة تطور الفطريات الراقية من أسلاف مشتركة ، تطورت بعد ذلك في اتجاهات متعددة إلى الفطريات البازيدية والأسكية المعاصرة . ولهذا السبب يعمد كثير من الباحثين إلى دراسة الفطريات البدائية المعاصرة (الازيجية) والطحالب ؛ للبحث عن بعض الأدلة التي يمكن الاعتماد عليها ؛ لدعم نظرية تطور الفطريات ، والتي لم يستطع ما تم العثور عليه حتى الآن من الحفريات الفطرية تقديمها .



- تابع شكل (٢ - ٦) : تركيب الجسم الثمرى للفطر الحفرى *Endochaetophora antarctica*.
- 8 - قطاع في جدار الجسم الثمرى المتعدد الطبقات ، يوضح منشأ الزوائد الهيفية من طبقة الجدار الداخلى .
 - 9 - قطاع في 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 تفصيلي 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 .

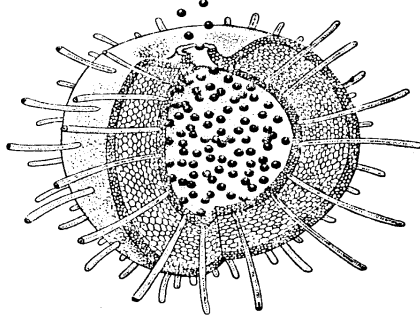
ولقد استكمل الباحثان السابقان دراستهما على الفطريات الحفرية (Taylor & White, 1989) ، فى بحث بعنوان " الفطريات الحفرية التابعة للعائلة Endogenaceae من العصر النيرياسى فى قارة أنتاركتيكا بالقطب الجنوبي " .

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

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

وفى هذه الدارسة الحديثة (١٩٨٩) ، تم فحص رواسب حفريّة تابعة للعصر النيرياسى Triassic التابع لحقبة الحياة الوسطى Mesozoic ، مأخوذة من قارة أنتاركتيكا بالقطب الجنوبي ؛ حيث ظهرت أشكال من الأجسام الثمرية تتشابه فى شكلها الخارجى مع أشكال لأجسام ثمرية لفطريات حفريّة وجسدت مطمورة فى

رواسب لمخلفات عضوية من العصر الكربوني Carboniferous التابع لحقب الحياة القديمة الثانية Newer Palaeozoic .



شكل (٢ - ٧) : رسم تخيلي مجسم لإعادة تركيب الجسم الثمري للفطر الحفرى *Endochaetophora antarctica* ، مع قطاع يوضح نشأة الزوائد الهيفية وشكل الجراثيم الداخلية وطريقة تحررها من فوهة الجسم الثمري.

وكان أول تسجيل لمثل هذه الأجسام الثمرية الفطرية فى عينات نباتية فحمية ترجع إلى العصر الكربونى فى دراسات قام بها عام ١٨٨٠ الباحث الإنجليزى Williamson؛ حيث اكتشف أحد هذه الفطريات الحفرية ، وأطلق عليه اسم *Sporocarpon pachyderma* ، إلا أن Hutchinson عدل هذا الاسم إلى *Mycocarpon pachyderma* (Williamson) Hutchinson وذلك عام ١٩٥٥ .

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

وفى دراسة متقدمة أخرى لهذا الفطر الحفرى ، وجد كل من Stubblefield & Taylor (1983) أن الفطر الحفرى *Mycocarpon ornatus* هو أحد أنواع شبه الجنس الحفرى *Traquairia* الذى كان منتشرًا فى العصر الكربونى .

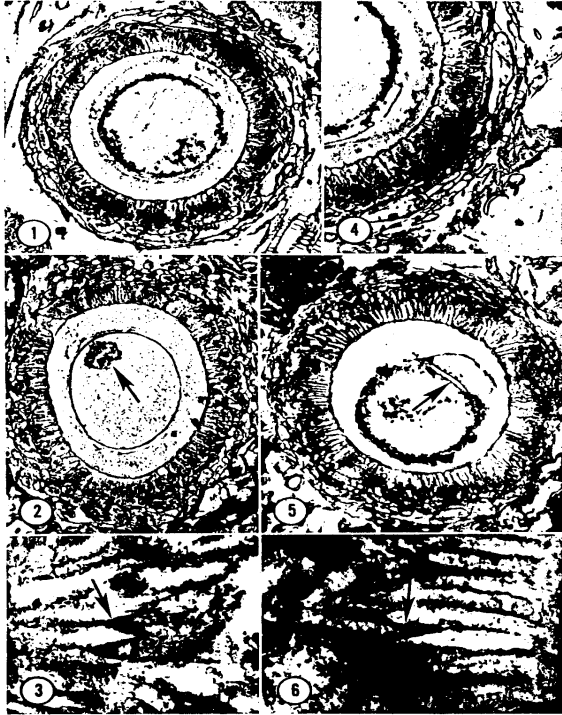
وفى الدراسة التى قام بها Taylor & White عام ١٩٨٩ على الفطريات الحفرية فى قارة انتاركتيكا بالقطب الجنوبى - التى تتبع العصر الترياسى - وجد أن معظم العينات التى تم فحصها كانت عبارة عن أجسام ثمرية مقفولة تشبه تلك الأجسام الثمرية الخاصة بالفطر الحفرى *Mycocarpon flexus* ، مع وجود بعض الاختلافات المظهرية .

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 الترياسى 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 مشع radiating ؛ ويرجع ذلك إلى الأحاديث 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 (الأشكال ٢ - ٨ - ٣ 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 ميكرونا و ٢٥ ميكرونا (شكل ٢ - ٨ - ٩ السهم) .



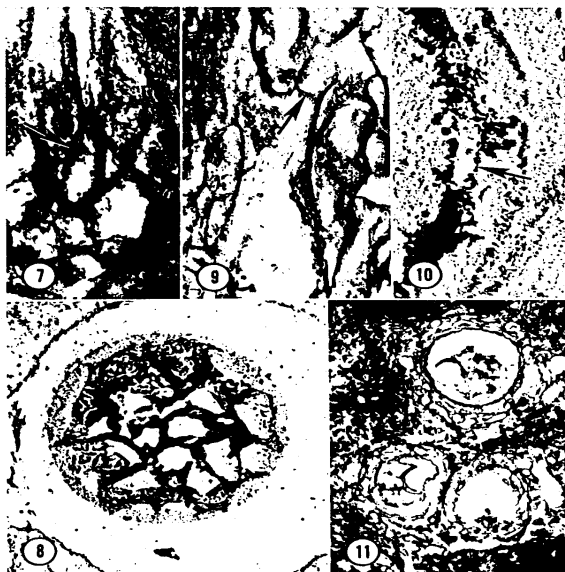
شكل (٨ - ٢)

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 مجمدة (السهم) . (معدل التكبير ١٧٦ مرة) .
- 3 - قطاع يوضح الخلايا المتراكمة (السهم) الموجودة فى القنوات الفطرية للطبقة الداخلية لجدار الجسم الثمرى (معدل التكبير ١٤٠٠ مرة) .
- 4 - قطاع يمر فى وسط الجسم الثمرى يوضح مدى الارتباط بين الطبقة الداخلية لجدار الجسم الثمرى وطبقة الهيفات الخارجية (معدل التكبير ٢٧٥ مرة) .
- 5 - قطاع يمر فى وسط الجسم الثمرى يوضح الخطوط الفطرية فى طبقة الجدار الداخلى ، والجرثومة الكبيرة المركزية ، والسهم يوضح الخلايا المهشمة (معدل التكبير ١٧٦ مرة) .
- 6 - قطاع يوضح القنوات الفطرية 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 الخلقى 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 - ٥) .

وبدراسة صفات هذا الفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum* ، لوحظ عدم وجود نظير له بين الفطريات المعاصرة ؛ وبالتالي يصعب تصنيفه وإيجاد مكان له فى التقسيم الحديث . وعلى الرغم من ذلك فإن تركيب الجسم الثمرى المعقد يضح 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 .



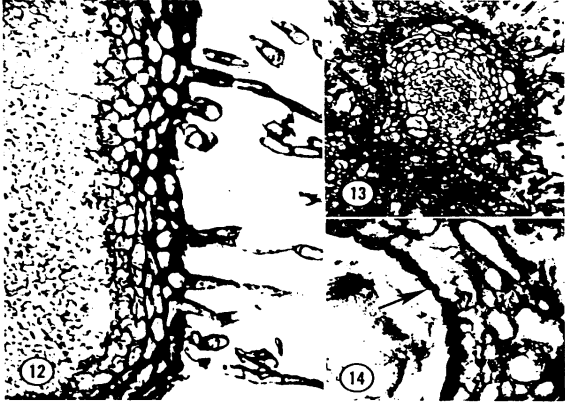
تابع شكل (٢ - ٨)

- تابع شكل (٢ - ٨) : 7 - يوضح السهم ظهور خلية ريفية من طبقة الهيفات المحبوبة (معدل التكبير ١٤٠٠ مرة) .
- 8 - قطاع تاماسى للجرثومة داخل الجسم الثمرى يوضح البقايا الشبكية المعقدة لمحتويات الجسم الثمرى (معدل التكبير ٤٠ : 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 .

فى الأجسام الثمرية الأسكية المقفولة cleistothecia والأجسام الدورقية perithecia للفطريات المعاصرة ، نلاحظ تكوين جدار الجسم الثمرى مبكرا وتمدده لتكوين الجسم الثمرى ؛ حيث يتركب من هيفات محبوبة (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 ، تنتشى بعض الهيفات الفردية لتكوين نسيج بارانشيميا 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 المحبوبة 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 في جدار جسم ثمرى ناضج للفطر المعاصر *Paraphoma* sp. يوضح طبقات النسيج الباراشيمي الكاذب الجيدة التكوين (معدل التكبير ١٠٠ مرة) .
- 13 - قطاع في جسم ثمرى غير ناضج للفطر المعاصر *Botryosphaeria* sp. يوضح النسيج الباراشيمي الكاذب المكون لجدار الجسم الثمرى . والمركز المتعدد الخلايا (معدل التكبير ٤٠٠ مرة) .
- 14 - قطاع في جسم ثمرى غير ناضج للفطر الحفرى *Mycocarpon* يوضح الهيفات الفطرية المحبوكة . والمندمجة مع الجزء الداخلى للجسم الثمرى (معدل التكبير ١١٠٠ مرة) .

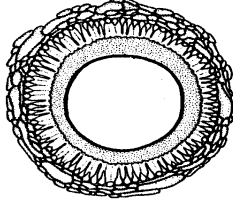
ومن ناحية أخرى ، وجد أن هيفات هذا الفطر الحفرى نادرة التقسيم ، وهذه صفة أخرى تجعل هذا الفطر الحفرى بعيداً في صفاته عن الفطريات الأسكية المعاصرة . كما يلاحظ أيضاً أن هذه الفطريات الأسكية المعاصرة تتميز بوجود بعض التركيبات الهامة ، مثل الجاميطات الأسكية المؤنثة *ascogonia* ، والهيفات المولدة للكيس الأسكى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

وبمقارنة الصفات السابقة بصفات الجسم الثمرى للفطر الحفرى تحت الدراسة ، نجد أن الجسم الكسروي الموجود في فراغ الجسم الثمرى يتרכب من غلاف صلب ، بينما لم تشاهد به أية جراثيم داخلية ؛ أى إن هذا الجسم الكروي عبارة عن جرثومة وحيدة ذات جدار صلب أملس وليس كيساً أسكياً ؛ وهذا يدل على أن هذا الفطر الحفرى ليس فطراً أسكياً .

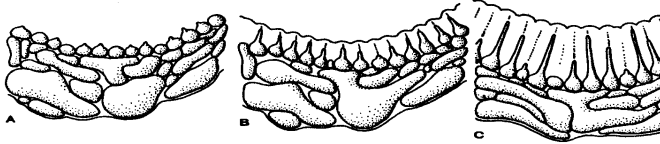
ويدل وضع الجرثومة الكبيرة داخل الجسم الثمرى - الذى يتרכب جزئياً من هيفات فطرية - على أن هذا الفطر الحفرى *Mycocarpon asterineum* يشبه فى تركيبه الفطريات الزيجية التابعة للعائلة *Endogonaceae* ؛ وهى مجموعة من الفطريات تتميز بالجراثيم الكبيرة الحجم ، محاطة بجسم ثمرى يحميها . كما توجد فى هذه العائلة بعض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

ومن ناحية 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 يتרכب جدار الجسم الثمري من طبقة داخلية غير خلوية ، بينما تكون الهيفات المكونة للطبقة الخارجية ذات طبيعة فردية ، ولا يوجد نسيج بارانشيمي كاذب .



شکل (٢ - ٩) : رسم تخطيطي للجسم الثمري للفطر الحفري *Alycoarpon asterineum* .
يوضح طبقات الجدار والجرونومة الداخلية الوحيدة .



شکل (٢ - ١٠) : رسم تخطيطي يوضح مراحل تطور جدار الجسم الثمري للفطر الحفري

Alycoarpon asterineum

- A - جدار غير ناضج ، يحتوى على هيفات خارجية مندمجة .
- B - تظليظ الجدار الداخلى ، وإفراز مواد مترابطة داخليا من الطبقة الداخلية .
- C - طبقات الجدار الخارجى قبل تمام نضج الجسم الثمري ، حيث تبدو أقسل 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 الميكورهيذا الحوصلية ذات التفرعات الشجرية التابعة للعائلة Endogonaceae المعاصرة ، نجد تشابها واضحا بينهما ؛ ومن ثم فإنه يمكن استنتاج أن جراثيم الفطر الحفرى السابق تمثل أسلفا بائدة لفطريات معاصرة ؛ فقد تكون أسلفا 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 الترياسى Triassic التابع لحقب الحياة الوسطى Mesozoic ، وكذلك تؤكد أبحاث Heath, 1987 أن هذا الظهور المفاجئ للفطريات الأسكية فى العصر الترياسى يعتبر انعكاسا منطقيا لظهور وانتشار النباتات الأرضية . ولقد أوضحت كثير من الدراسات على الحفريات الفطرية فى العصور السابقة للعصر الترياسى - وذلك خلال حقب الحياة القديمة الثانى Newer Palaeozoic - أن الفطريات الحفرية كانت تكون أجساما ثمرية مقفولة تفتقر إلى آلية فعالة لنثر جراثيمها ؛ وبالتالي تحررت مثل هذه الأجسام الثمرية عن طريق سقوطها على التربة أو المواد العضوية النباتية .

وبدل 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 ميكوريزا 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 المعاشية البيئية بين هذا الفطر والنباتات البدائية فى أوائل ظهورها على سطح الأرض .

وعلى ضوء ذلك فإن أماننا 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 كمترمات 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 المترمة والنباتات الأرضية البدائية علاقة غذائية ضرورية متبادلة ؛ ففى الوقت الذى تحتاج فيه النباتات إلى عناصر غذائية يتم تحريرها

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

وهناك اعتقاد بأن الفطريات المكونة للميكوريزا الداخلية ذات التفرعات الشجرية (VAM) التابعة للعائلة Endogonaceae - والتي تنتشر حالياً في جميع النباتات الوعائية - قد تطورت تدريجياً من الفطريات الأولية ، وربما استغرق هذا التطور لإنشاء علاقة تبادل المنفعة بين هذه الفطريات وجذور النباتات الوعائية جزءاً كبيراً من الدهر .

ومع ذلك فإن اكتشاف حفريات لفطريات باندة ذات تكوينات تشبه الميكوريزا الحوصلية ذات التفرعات الشجرية في رواسب العصر الترياسي Triassic تدل على أن هذه الفطريات كانت موجودة مع بداية حقبة الحياة الوسطى Early Mesozoic ، وربما قبل ذلك في نهاية حقبة الحياة القديمة الثاني Late Newer Palaeozoic منذ حوالي ٢٥٠ مليون سنة مضت (Stubblefield et al., 1987) .

وعلى الرغم من المعلومات السابقة ، فمزال علم دراسة الفطريات الحفرية القديمة Paleomycology يحتاج إلى تضافر جهود الباحثين والعلماء في مجالات العلم المختلفة ؛ لأن دراسة الحفريات الفطرية تحملنا إلى الماضي البعيد وبيئته وكنائسه الحية البائدة . إنه عالم كان زخراً بالحياة لم نعايشه ، ولكننا - على الأقل - يمكننا تصوره .

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

رابعاً - الفطريات الحفرية البازيدية :

أظهرت الدراسات التي أجريت على الحفريات الفطرية التابعة للعصر الكربوني Carboniferous وجود حفريات لفطريات بازيدية باندة ، عبارة عن أجسام ثمرية حفرية لبعض فطريات عيش الغراب الرفية الثقبية ، والتي تشابه الأجسام الثمرية

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

وهناك أدلة أخرى تؤكد ظهور الفطريات البازيدية فى العصر الكربونى ، منذ حتر من ٣٠٠ مليون سنة مضت ، مثل اكتشاف حفريات لهيئات فطرية مقسمة ذات روابط كلايبيية clamp-bearing, mycelium للفطر الحفرى *Palaeancistrus martini* ، 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 *Phellimites digustoi* فى حفرية من خشب أشجار الأروكارية ، وهو أحد أشجار الفصيلية الصنوبرية ، من العصر الجوارسى Jurassic التابع لحقب الحياة الوسطى Mesozoic منذ حوالى ١٥٠ مليون سنة مضت .

ونادرا 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 البليستوسين Pleistocene age فى نهاية حقب الحياة الحديثة .

ولقد توالى بعد ذلك اكتشاف فطريات بازيدية أخرى بائدة ، عبارة عن أجسام ثمرية حفرية لفطريات عيش غراب تقبية ، 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 النقبي *Fomes idahoensis* من العصر التالى (البليوسينى Pliocene) ، منذ حوالى ١٣ مليون سنة مضت .

ومما سبق يتضح أن فطريات عيش الغراب التقبية 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 حوالي 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 حوالي ٢٠ مليون سنة مضت .

وتدل النتائج السابقة على أن فطريات عيش الغراب الخيشومية أحدثت وأكثر تطورا من تلك الأنواع التقبية 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 ميكورهيذا 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 كلايية clamp connections لها حاجزان عرضيان ، أحدهما عند قاعدة الرابطة الكلايية ، والثانية عند طرفها .

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

التركيب 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 الثانوي الشانئ الأنواتية dikaryotic stage . وهو يدل - أيضا - على أن الفطر بازيدى ، حيث لم يثبت وجود هذا التركيب فى الفطريات الأسكية .

ومن سوء الحظ ، أن معظم التسجيلات الحفريسة تحمل قليلا من التركيب 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 حقبة 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 بتركيبها المميزة التى سقت 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 الآن .

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 لعدد 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 تكويبات فطرية حفرية تشبه تركيب البثرات التيليتية كانت للفطر البائد *Teletospora millotii* وذلك في العصر الكربوني ، أى منذ حوالي 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 والتقيب ، وجدت عينات أخرى من الفحم الحجرى Lignites ، تحتوى على جراثيم تيليتية لفطريات صدأ وتفحم بائدة ، إلا 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 *Anthracomycetes camallensis* 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 (الزبجية والأسكية والبايزيدية) 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 (الميكورهيذا 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 فى تراكيبها المختلفة - خاصة الجراثيم - تحت ظروف بيئية متغيرة أثرت عليها وعلى المواد التى تنمو عليها ، مما أدى إلى تطور السلوك الغذائى لهذه الفطريات وطريقة نموها وتكاثرها لى تبقى على قيد الحياة .

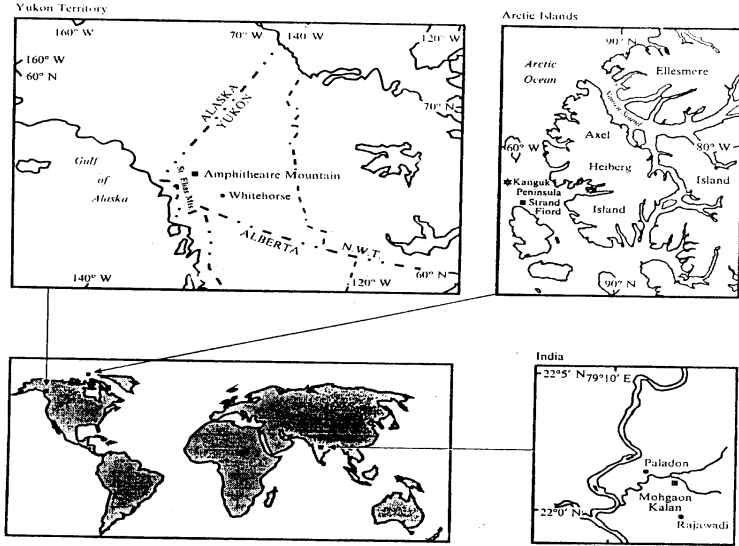
خامساً - الفطريات الحفرية الناقصة :

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

وفى هذه الدراسة تم تجميع عينات من رواسب تنتمى إلى الزمن الباليوسينى المتأخر Late Paleocene age والزمن الأيوسينى المبكر (فجر الحياة الحديثة) Early Eocene age التابعين للنظام الثالث Tertiary system فى حقبة الحياة الحديثة Cenozoic . ولقد أخذت هذه العينات من ثلاث مناطق مختلفة ، الأولى من أرض منبسطة يحيط بها مرتفعات بمقاطعة يوكون Yokon بكندا ، والثانية من خليج جبل ثلجى Iceberg Bay Formation بالقرب من جزيرة Axel Heiberg بكندا ، بينما المنطقة الثالثة من مرتفعات بوسط الهند (شكل ٢ - ١١) .

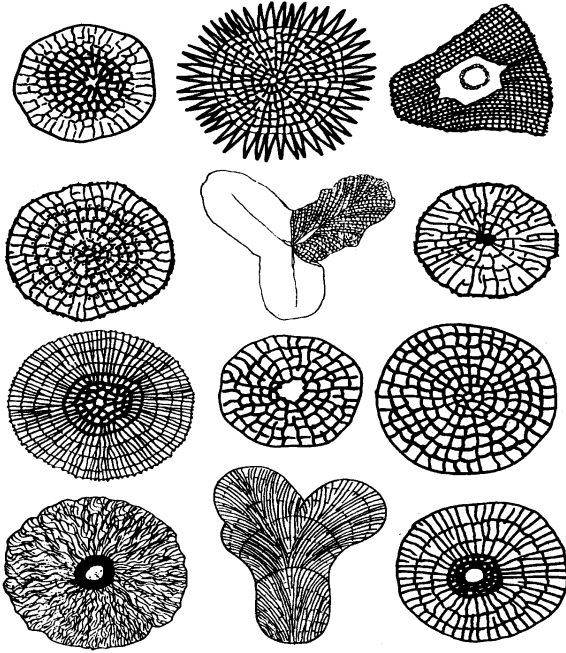
ويلاحظ أن جزيرة Axel Heiberg بكندا مغطاة بغطاء جليدى ضخم يمتد خارج حدود البر ، حيث تتفصل من هذا الغطاء الجليدى كتل جليدية ضخمة تطفو مبتعدة على هيئة جبال جليدية ice bergs فى المحيط المتجمد الشمالى .

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



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

- أ - جبل Amphihteatre بكندا .
- ب - جبل تلجسي بجزيرة Axel Heiberg بكندا .
- ج - جبال وسط الهند .

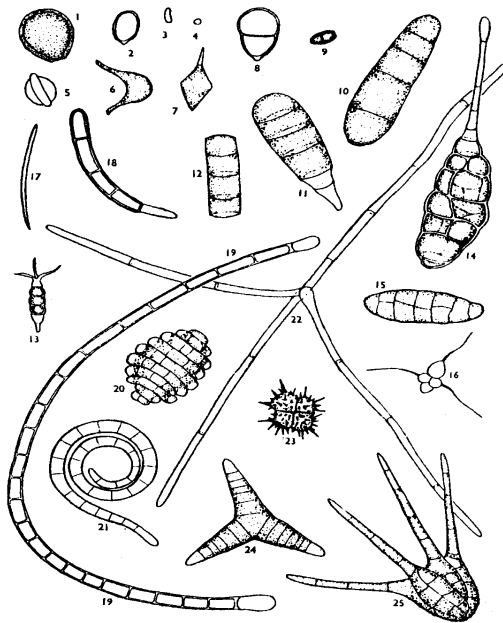


شكل (٢ - ١٢) : أمثلة لبعض النسوات السطحية للفطريات البحرية .
 (عن Alexopoulos & Mims, 1979) .

١ - تقسيم الفطريات الحفرية الناقصة :

اعتمد بعض الباحثين على شكل النموات السطحية للفطريات الحفرية الناقصة فى تقسيمها ، وذلك تبعاً 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 تبعاً 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) | (D) Dictyosporae (muriform) |
| 1. <i>Acremoniella atra</i> (Corda) Sacc. | 14. <i>Alternaria macrospora</i> Zimm. |
| 2. <i>Botrytis cinerea</i> Pers. Ex Fr. | 15. <i>Pleospora herbarum</i> (Pers. ex Fr) Rabenh. (ascospore) |
| 3. <i>Phyllosticta violae</i> Desm (pycnidiospore). | 16. <i>Entomosporium thumemii</i> (Cooke) Sacc |
| 4. <i>Penicillium cyclopium</i> West. | (E) Scolecosporae (filiform) |
| 5. <i>Hirsutiella</i> sp. | 17. <i>Rhytisma acerinum</i> (Pers.) Fr. (ascospore) |
| 6. <i>Arthrinium cuspidatum</i> (Cook & Harkn.) Hohnel | 18. <i>Phleospora crescentum</i> (Barth.) Riley |
| 7. <i>Beltrania indica</i> Subram | 19. <i>Lindra inflata</i> Wilson (ascospore) |
| (B) Didymosporae (2-celled) | (F) Helicosporae (spirally coiled) |
| 8. <i>Arthrobotrys oligospora</i> Fresen | 20. <i>Helicoon ellipticum</i> (Peck) Morgan |
| 9. <i>Bispora pusilla</i> Sacc | 21. <i>Helicomycetes roseus</i> Link ex Fr. |
| (C) Phragmosporae (3 (or more)-celled) | (G) Staurosporae (star-like in form) |
| 10. <i>Helminthosporium</i> sp. | 22. <i>Tetrachaetium elegans</i> Ing. |
| 11. <i>Cephalophora tropica</i> Thaxter. | 23. <i>Spogazinia tessartha</i> (Berk. & Curt.) Sacc |
| 12. <i>Sporoschisma mirabile</i> Berk & Br. | 24. <i>Triposporium elegans</i> Corda |
| 13. <i>Pestalotia macrochaeta</i> (Speng.) Guba. | 25. <i>Tetraploa aristata</i> Berk & Br. |

١ - مجموعة الأميروسبوريات Amerosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات غير المقسمة (وحيدة الخلية) ذات الشكل الكروي أو البيضي ، وقد تكون هذه الكونيديات مستطيلة قصيرة أسطوانية الشكل .

ب - مجموعة الديديموسبوريات Didymosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات البيضية إلى البيضية المستطيلة ، المقسمة بحاجز واحد (تتكون من خليتين) .

ج - مجموعة الفراجموسبوريات Phragmosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات البيضية المستطيلة المقسمة بحاجزين أو عدة حواجز (مقسمة بحواجز طويلة و عرضية مكونة كونيديات عديدة الخلايا) .

د - مجموعة الديكتيوسبوريات Dictyosporae :

وتضم الفطريات ذات الكونيديات البيضية إلى البيضية المستطيلة ذات التقسيم الشبكي بحواجز طويلة وعرضية (عديدة الخلايا) .

هـ - مجموعة السكوليوسبوريات Scolecosporae :

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

و - مجموعة المليكوسبوريات Helicosporae :

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

ز - مجموعة الستاوروسبوريات Staurosporae :

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

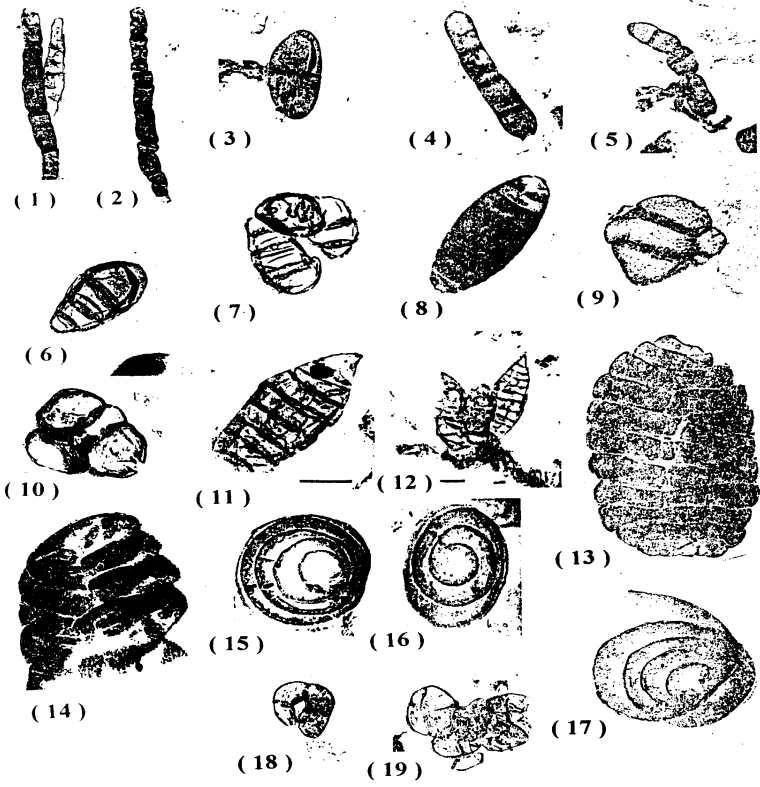
وواضح أن التقسيم السابق ، لا يزال صالحا للاعتماد عليه حتى الآن في دراسة وتقسيم الفطريات الحفرية الناقصة إلى أشباه الأجناس form genera ومقارنتها بنظائرهما من أشباه الأجناس المعاصرة ، كذلك يعتمد على صفات خارجية تتغير مع تغير ظروف البيئة المحيطة .

ومن المعتاد - عند فحص عينات الصخور الرسوبية - وجود حفريات نباتية بها ؛ مثل حبوب لقاح نباتات معراة أو مغطاة البذور ، والتي تعطي فكرة عن الغطاء النباتي المصاحب لهذه الفطريات الحفرية . ويتم تجهيز العينات للفحص الميكروسكوبي باستعمال محلول شولتز المخفف diluted Schultz's solution .

ويتبع عادة استعمال الميكروسكوب الضوئي العادي 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 تتشابهه كونيدياته مع شكل 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 الفطريات الحفرية المسماة بهذه الطريقة إلى حوالى ١٥٠ شبه جنس .



شکل (٢ - ١٤)

شكل (٢ - ١٤) : كونيديات بعض الفطريات الحفرية الباردة .

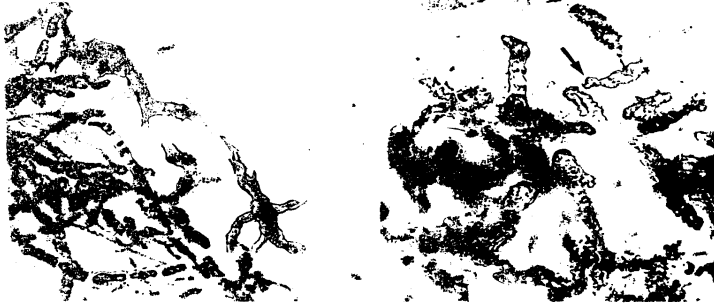
- | | | | |
|-------------|--|-------------|--|
| (1 , 2) | : <i>Ampulliferintites axelheibergi</i> | (3) | : <i>Dicellaesporites deltschiapites</i> |
| (4 , 5) | : <i>Diporicellaesporites icebergi</i> | (6 , 7) | : <i>Brachysporites endophragma</i> |
| (8) | : <i>Pluricellaesporites excipularis</i> | (9) | : <i>Uberispora type A.</i> |
| (10) | : <i>Uberispora type B.</i> | (11 , 12) | : <i>Piriurella alternariatai</i> |
| (13 , 14) | : <i>Helicoonites goosii</i> | (15 , 17) | : <i>Helicosporiastes piroznski</i> |
| (18 , 19) | : <i>Paleoslimacomyce conadensis</i> | | |

٢ - وصف لبعض الفطريات الحفرية الناقصة :

١ - الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الأميروسبوروات *Amerosporae* : Spore group :

شبه الجنس *Xylohyphites* Kalgutkar&Sigler . ويشق 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 تاليل 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 البرعى الوحيد له علاقة بالفطريات الداكنة ذات الكونيديات البرعية dematiaceous blastoconidial fungi .

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

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

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 ؛ ففي 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 × ٢,٥ - ٥,٥ ميكرون) كونيديات الفطر المعاصر *Xylohypha nigrescens* (١٠ - ١٣,٧ × ٣,٥ - ٥

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

ب. - الفطريات المعزبة التابعة لمجموعة الديهيموسبوريات : **Spore group : Didymosporae** .

شبهه الجنس : **Ampulliferinites Kalgutkar & Sigler** .

يشق اسم هذا الفطر الحفرى البائد من اسم شبه الجنس المعاصر *Ampulliferina* Sutton (1969) الذي يتبع الفطريات الهيفية Hyphomycetes ؛ حيث يتميز هذا الفطر بالكونيديات الثنائية الخلايا المتكونة في سلاسل ناتجة عن تبرعم هذه الكونيديات المفصليّة ، كما أن الكونيديات لها جدار سميك ، ولونها بني داكن .

ومن أهم أنواع هذا الفطر الحفرى : الفطر *Ampulliferinites axelheibergeri* Kalgutkar & Sigler ، ويتميز هذا الفطر شكل (٢ - ١٤ - ١ ، ٢) بوجود حوامل كونيدية طويلة أو قصيرة يتراوح طولها بين ٧٩ ميكرونا و ٢٤٠ ميكرونا ، وتحمل كونيديات في سلاسل . والهياكل مقسمة بجدر رقيقة أو سمكّة ، والكونيديات مفصليّة مقسمة بجدار سميك داكن اللون (مكونة من خليتين didymosporous) . وقد يوجد انقباض بسيط عند الجدار الفاصل . والكونيدة ذات سطح أملس ، لونها بني ، أسطوانية الشكل ، ذات أطراف عريضة . بينما يلاحظ أن الكونيدة الطرفية ذات قمة مستديرة . وأبعاد الكونيديات ١٦ - ٢٢ x ٧ - ١١ ميكرونا .

وعند مقارنة شبه الجنس البائد *Ampulliferinites* بشبه الجنس المعاصر المناظر له *Ampulliferina* نلاحظ تشابههما في وجود خلية قاعدية للحامل الكونيدى ذات ندبة انفصال ، بينما يختلف شبه الجنس البائد مع شبه الجنس المعاصر *Bispora* بأن الأخير يكون كونيديات من خليتين مرتبة في سلاسل ، وتتميز هذه الكونيديات بوجود انقباض شديد عند جدر التبرعم ذات اللون البني الداكن .

ومن ناحية أخرى أوضحت الأبحاث وجود تشابه بين الفطر البائد *Alteroseptites elongatus* Rouse والفطر البائد *Ampulliferinites exelheibergeri* (1962) في وجود انبعاج في الجدار الخلوى للحامل الكونيدى بتبادل مع جدار عادى ،

بينما يختلف الفطر الأخير في عدم سمك الجدر الخلوية ، وعدم تكوين الكونيديات المفصليّة .

2 - Form Genus : *Dicellaesporites*

شبه الجنس

Elsik, 1968 emend Sheffy & Dilcher, 1971 ونوعه النموذجي

. *Dicellaesporites delitschapietes* 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 الحفري ؛ حيث تأخذ الكونيديات شكل القطع الناقص ، إلا أنه ذو أطراف مستديرة . وتتكون الكونيديات من خليتين ؛ حيث لا يشاهد انقباض عند الجدار الفاصل ؛ ويقسم الجدار الخلوي الكونيدة إلى خليتين متساويتين . الكونيديات بنية اللون ، لها ثقب إنبات جانبيّ ، عريضة قليلا ؛ حيث يبلغ عرضها حوالي ٣/٢ طولها . جدار الكونيدة أملس ومحاط بطبقة شفافة . أبعاد الكونيدة ٢٥ - ٢٨ x ١١ - ١٣ ميكرونا .

وتتشابه كونيديات هذا الفطر الحفري الناقص *Dicellaesporites delitschapietes* بالجراثيم الأسكية للفطريات المعاصرة التابعة لمجموعة Laculoascomycetous ، مثل الجنس *Delitschia* ؛ وذلك من ناحية وجود الأخاديد على سطح الجراثيم ، حيث تظهر مشابهة لتقوب الإنبات ، بينما تختلف جراثيم الجنس *Delitschia* عن الفطر الحفري السابق ؛ حيث تحاط الجراثيم الأسكية بغلاف جيلاتينيّ واضح .

ومن المحتمل ان تكون جراثيم الفطر الحفري قد فقدت هذا الغلاف الجيلاتينيّ خلال عملية التحفير أو عند تجهيز العينات للفحص الميكروسكوبي . وربما لا يشاهد هذا الغلاف الجيلاتينيّ في الفطر الحفري *Dicellaesporites delitschapietes* . على الرغم من ملاحظة وجود غلاف رقيق شفاف حول كونيدياته ؛ وذلك عند الفحص الميكروسكوبي باستعمال قوة تكبير عالية ، ولكن تبقى الطبيعة الجلاتينية لهذا الغلاف محل تساؤل .

3 - Form Genus : *Diporicellaesporites* Elsik, 1968.

شبه الجنس :

ونوعه النموذجي هو *Diporicellaesporites icebergi* Kalgutkar & Sigler

ويشتق اسم النوع من تكوين خليج الجبل الثلجي Iceberg Bay Formation at Kanguk-Peninsul.

ويوضح شكل (٢ - ١٤ - ٤ ، ٥) صفات الفطر الحفرى السابق ؛ حيث تشاهد لكونيديات ذات شكل أسطواني ، بنية اللون ، ملساء إلى متأللة بدرجة بسيطة ، ذات تقبي إنبات ، مقسمة بجدار عرضى واحد إلى ثلاثة جدر ، والجدار العرضى أسمك من جدار الكونيدة الخارجى (حوالى ٢ ميكرون) . لون الجدار بنى داكن ، مع وجود تقوب ضيقة فى مركز الجدر الخلوية العرضية . ويمتد تغليظ الجدار الخلوى العرضى حائبيا بدرجة قليلة على طول الجدار الخارجى للكونيدة من الداخل على الجانبين .
التقوب أو مناطق التلامس بين الكونيديات على كلتا النهايتين داكنة اللون ومحدبة قليلا . الكونيديات الناضجة أبعادها ٢٤ - ٢٧ × ٥ - ٧ ميكرونا .

وعند مقارنة الفطر الحفرى *Diporicellaesporites icebergi* بأشباه أجناس الفطريات المعاصرة المناظرة - مثل (1885) *Diplococcium Grove* أو *Bispora* (شكل ٢ - ١٤ - ٤ ، ٥) - نلاحظ أن الفطر الحفرى يكون كونيديات ثنائية الخليا . 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 خلئيتى الكونيدة - ذو تقوب 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 .

د- الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الفراجوسبوريات Phragmosporae : Spore group

شبه الجنس : **1 - Form Genus : *Brachysporisporites***

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

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

الخرطومية والجدر الداخلية السمكية ؛ 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 تنقسم الكونيدة بجدر عرضية (من ٢ - ٤) ، حيث تبدو الخلايا المركزية داكنة اللون ، بينما الخلايا الطرفية تكون - عادة - شفافة إلى نصف شفافة . الجدر الداخلية داكنة اللون ، ذات جدار سميك ، وخاصة عند اتصالها بالجدار الداخلى . الخلية القاعدية ذات نتوء (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 (1979) Hughes شبه الجنس المعاصر *Endophragmia* بعد نقل عديد من الأنواع التابعة له إلى أجناس أخرى معاصرة ؛ مثل الجنس *Endophragmiella* . وتميز النهاية شبة الخرطومية وغياب النتوء القاعدى كونيديا الفطر الحفرى وتميز *Brachysporites endophragmia* عن كونيديات شبه الجنس المعاصر *Endophragmiella* . وقد وجدت كونيديات هذا الفطر الحفرى فى خليج جبل الثلج Iceberg Bay formation .

2 - Form Genus *Pluricellaesporites*

شبه الجنس :

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 نوح الفطر الحفرى من اسم هذا الجنس المعاصر .

وتتميز كونيديات ذلك الفطر الحفرى (شكل ٢ - ١٤ - ٨) بأنها فردية ، مقسمة بحواجز متعددة ، ذات لون بنى- داكن ، فيما عدا الخلايا القمية والقاعدية ؛ حيث تكون شفافة نسبياً أو ذات لون بنى- باهت .

الكونيديات مغزلية الشكل ، مقسمة بجدر عرضية (تتراوح بين ٥ - ٦ جدر) . الجدار الخارجى أملس ، بينما الجدر الداخلية ذات لون بنى داكن وسميكة (٤ - ٥ ميكرونات) . وتتصل الكونيديات بعضها ببعض بجدر عريضه ، والخلية القاعدية 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 إلى مجموعتين تبعاً لصفات كونيدياتها :

المجموعة الأولى :

تتميز كونيديات هذه المجموعة بأنها معقدة التركيب ، فردية ، ذات لون بنى فاتح إلى شبه شفافة . تتكون الكونيدة من عدة خلايا ، تتراص في ثلاثة صفوف طولية وصفين عرضيين أو أكثر . الكونيدة قطرية التخصيص ؛ حيث تتكون الخلايا الطرفية في نصف دائرة ، بينما تكون الخلية القاعدية مثلثة الشكل ، والخلية المركزية مستطيلة (شكل ٢ - ١٤ - ٩) .

الكونيدة ذات جدار رقيق شبه شفاف ، يتميز بوجود خلايا جانبية حلمية الشكل . الجدر الخلوية الداخلية رقيقة داكنة اللون . والسطح الخارجى للكونيدة خشن . أبعاد الكونيدة ١٨ ميكرونا X ٣٠ ميكرونا .

المجموعة الثانية :

تشابه كونيديات هذه المجموعة مع كونيديات المجموعة السابقة في فرديتها وتعقد تركيبها ، إلا أنها ذات لون بنى . كما تتراص الخلايا في ثلاثة صفوف طولية وصف واحد عرضى أو أكثر . الجدار الخارجى للكونيدة أملس . الخلايا القمية والقاعدية مستديرة ، بينما الخلايا الوسطية منضغطة مستطيلة الشكل . الخلايا الجانبية تشبه تلك الموجودة في المحور الرئيسى ، ليست ذات حليمات ، والجدر سميكة نوعاً . الخلية القاعدية ذات نتوء قاعدى . الجدر الداخلية سميكة وداكنة اللون . أبعاد الكونيدة ١٨ ميكرونا X ٣١ ميكرونا .

ولقد وجدت كونيديات المجموعتين السابقتين من الفطريات الحفرية في 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 ، لا يشاهد عليها حليمات .

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

د - الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الديكتيوسبوريات Dictyosporae Spore Group :

النوع النموذجى *Piriurella alternariata* Kalgutkar & Sigler sp-nov. ، يشتمق اسم النوع من الجنس المعاصر (1817) *Alternaria* Nees . ولقد شوهدت كونيديات هذا الفطر الحفرى فى تكوين جبل خليج 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 الى بنى فاتح .

والكونيديات ذات منقار قصير مقوس ، مقسمة بعدديد 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 ندبية 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 الطباشيري التابع لحقب الحياة الوسطى منذ حوالي ١٠٠ مليون سنة ، وتم نشر ذلك بعنوان " بعض طحالب الرواسب الطباشيرية في أستراليا ". كما درس الباحثان Smith & Chatoner عام ١٩٧٩ الفروق التركيبية بين شبه جنس الفطر الحفرى *Piriurella* و الفطر الحفرى *Korshikovella schaefernai* ؛ الذى كان يسمى قبل ذلك *Lambertia schaefernai* ، حيث أن الأخير طحلب معاصر .

ولقد وجد الباحثان السابقان أن شبه جنس الفطر الحفرى *Piriurella* يناظر شبه الجنس المعاصر *Alternaria* . وسجل بعد ذلك Elsik هذا التناظر بين الفطرين الحفرى والمعاصر عام ١٩٩٢ .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن كونيديات الفطر الحفرى *Piriurella elongata* لها من الصفات الأساسية ما يجعلها مميزة عن كونيديات جنس الفطر المعاصر *Alternaria* ؛ مثال ذلك سمك قاعدة الكونيدة ، ووجود الجدر الطولية والمستعرضة ، ووجود المنقار القصير الأسطوانى ، بالإضافة إلى وجود القمة السمكية الداكنة اللون أو عدم وجودها . وسوف تؤدي زيادة دراسة كونيديات الفطر الحفرى السابق إلى إمكانية التعرف على مدى قرابته لشبه جنس الفطر المعاصر *Alternaria* .

ومن الجدير بالذكر أنه من الصعب تقسيم شبه الجنس المعاصر *Alternaria* إلى أنواعه المختلفة (Barron, 1983) ؛ وذلك راجع إلى التنوع والاختلاف فى شكل وحجم وتقسيم الكونيديات داخل النوع الواحد خلال مراحل تكويناها ؛ وبالتالي فإن إيجاد علاقة قرابة بين هذا الفطر المعاصر والفطر الحفرى السابق من الصعوبة بمكان (Simmons & Roberts, 1993) . وقد يكون من السهل - فى بعض الحالات - مقارنة الكونيديات الفردية الناضجة ذات الصفات الواضحة (مثل وجود المنقار) فى كلٍّ من الفطرين الحفرى والمعاصر .

وفى دراسةٍ أخرى وصف الباحثان (Trevedi & Verma (1970) الفطر الحفرى *Alternaria malayensis* ؛ الذى وجد فى الملايو فى حفرياتٍ ترجع إلى العصر الأيوسيني (فجر الحياة الحديثة) التابع للنظام الثالث فى حقب الحياة الحديثة منذ حوالى ٤٠ مليون سنة مضت ؛ حيث وضع الباحثان العلاقة القوية بين هذا الفطر 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 *Staphlosporinites* (Takahashi, 1991)، وشبه الجنس *Transeptaesporites* (Ediger, 1981)، بالإضافة إلى الفطر الحفرى الذى سبقت دراسته من شبه الجنس *Pirurella*.

و - الفطريات الحفرية التابعة لمجموعة الميليوكوسبوريات 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.

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

وفى دراسة مكثفة على الفطريات ذات الكونيديات الحلزونية، اعتمد الباحث Goos (1987) على وجود التركيب الحلزوني للكونيديات فى التعرف عليها، ولقد قسّمت 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 أشكالاً مختلفة للفطريات الحفرية ذات الكونيديات الحلزونية، والتى تتشابه مع كونيديات عديد من الفطريات المعاصرة، مثل أشباه الأجناس *Helicon* Morgan، و *Helicodendron* Peyronal، و *Helicosporium*، و *Slimaomyces* 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 (1968) emend Elsik (1965) *Involutisporonites* R. T. Clarke ، وشبه الجنس الحفرى (1979) *Colligertes* K. P. Jain & R. K. Kar ، وشبه الجنس الحفرى (1979) *Helicomites* Barling & Paradkar .

ومن ناحية أخرى أوضح (1992) Elsik و (1993) Kalgutka تنوع كونيديات الفطريات الحفرية ذات المحور الحلزوني 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

ويتبعه 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 × ٣٧ - ٤٥ ميكرونا .

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

الحفرية الفطرية ؛ نظرا لهيكلها الحلزوني الملفت ، والذي يكون مجموعة متميزة من الفطريات الحفرية ؛ يطلق عليها اسم *Helicoon-Helicodendron-type* ؛ حيث يتبعها الجنسان الحفريان *Helicoomites* و *Helicodendron* ، وتتشابه بعض أنواعها لدرجة يصعب معها فصلها عن بعضها عند الفحص الميكروسكوبي .

وتعتبر الصفة الأساسية التي يعتمد عليها في فصل كونيديات شبه الجنسين الحفريين السابقين عن بعض هي طريقة تكوين هذه الكونيديات . فمثلا نلاحظ في شبه الجنس *Helicodendron* أن كونيدياته تكون متجمعة في سلاسل أو كتل متشابكة في الحفرية الفطرية ، بينما كونيديات شبه الجنس *Helicoomites* تكون مفردة . وتتشابه كونيديات شبه الجنسين السابقين في طبيعة تكوين الكونيديات ؛ فقد تتكون قمبا *acrogenous* ، أو قمبا وجانيبيا *acropleurogenous* ، أو في شكل حلزوني ملفت *daliiform* (شكل ٢ - ١٦) .

وليس من المألوف وجود كونيديات الفطريات الحفرية السابقة مع الهيفات الفطرية خلال الترسيب ، وأيضا نادرا ما تتشاهد 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 *Helicoomites* عن غيره من أشباه أجناس الفطريات الحفرية الأخرى (مثل : *Involutisporonites* ، *Colligertes* ، *Helicominites* ، و *Helicosporiates* ، و *Paleoslimacomyces*) بالحوامل الكونيدية الملتفة بطريقة حلزونية في لولب مجسم يشبه شكل القطع الناقص ؛ حيث يأخذ في النهاية شكلا يشبه خلية النحل .

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

وفي عينات مأخوذة من مناطق أثرية بالقرب من مدينة نورفولك *Norfolk* بإنجلترا ، أوضح الفحص الميكروسكوبي 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 تقديراً 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 قوقعى 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 حد بعيد . وعند مقارنة صفات الفطر الأخير بغيره من الفطريات المشابهة (مثل شبه الجنس *Helicomycetes link*) ، نلاحظ أن كونيديا الجنسين السابقين محمولة على حوامل كونيدية مقسمة أسطوانية الشكل ، بنية اللون فى شبه الجنس *Helicosporium* وشفافة فى شبه الجنس *Helicomycetes* .

ولقد أدت مقارنة صفات الكونيديات وحواملها الكونيدية للفطريات الحفرية البائدة بما يلاحظها من أشباه الأجناس المعاصرة إلى وضع مفهوم حديث لنظرية تطور الكونيديات وطبيعة حملها على حواملها الكونيدية ؛ فمثلا تُحمل 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 كونيديات داكنة أو فاتحة اللون ، حلزونية الشكل ، تتكون قمياً مكونة سلاسل مستقيمة أو قمياً وجانبياً مكونة سلاسل متفرعة .

أما فى شبه الجنس *Helicomycetes* فإن الكونيديات تكون شفافة ، تلتف حول نفسها بشدة ، وتتكون قمياً مكونة سلاسل مستقيمة . تحمل هذه الكونيديات على حوامل كونيدية قصيرة ، بسيطة ، شفافة ، تظهر على جوانب الهيفات الفطرية .

ويختلف شبه الجنسین الحفرین *Helicosporiates* و *Involutisporonites* عن بعضهما في وجود الالتفافات الحلزونية في الحامل الكونیدی العديدي الخلیا ، بينما يتميز شبه الجنس الحفری الأخرى بالكونيديات ذات العدد المحدود من اللفات الحلزونية والخلايا العريضة المغلظة .

ومن أشباه الأجناس الفطرية الحفرية الأخرى شبه الجنس *Colligerites* ؛ الذي تتكون كونيدياته من خلايا عديدة ملتفة بشدة ، تتكشف إلى منطقة مركزية تتكون من خلايا صغيرة مستديرة ، ومنطقة خارجية تتكون من خلايا كبيرة مستطيلة . هذه الصفات الكونيدية تجعل من السهل تمييز شبه الجنس الحفری السابق عن غيره من أشباه أجناس الفطريات الحفرية الأخرى ؛ بما فيها شبه الجنس الحفری *Helicosporiates* .

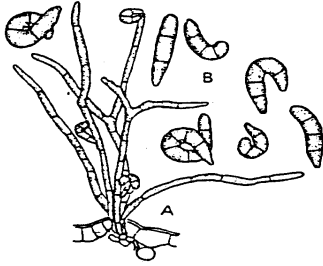
ومن ناحية أخرى ، فإن الكونيديات العديدة الخلايا ذات الجدر العرضية العديدة لشبه الجنس الحفری *Helicominites* تتكون في سلاسل ملتفة على نفسها في شكل حلزوني مفتوح ؛ وهذا يميزها عن كونيديات شبه الجنس *Helicosporiates* .

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

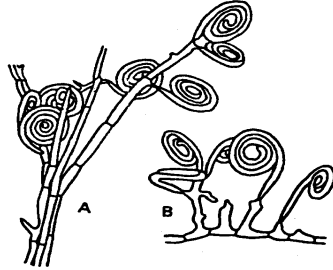
ومن أهم أنواعه الفطر *Paleoslimacomyces canadensis* Kalgutkar & Sigler ، حيث تظهر كونيديات هذا الفطر الحفری بعض التشابه مع كونيديات الفطر المعاصر *Slimacomyces monospora* . ويشترك اسم نوع الفطر الحفری السابق من مكان اكتشافه (كندا) .

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

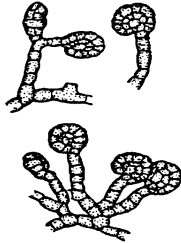
الحوامل الكونيدية قصيرة ، تتكون من ٣ - ٤ خلايا قصيرة منحنية . سمك الحامل الكونیدی ٥ - ٦ ميكرونات ، بينما يبلغ قطر الكونيدة ١٣ - ١٦ ميكرونا .



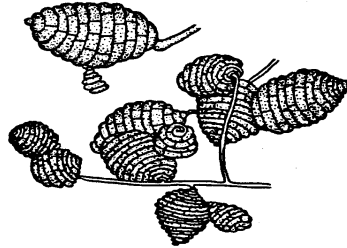
HELICOMINA



HELICOMYCES

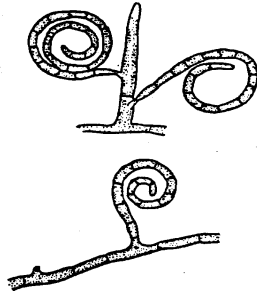


XENOSPORIUM

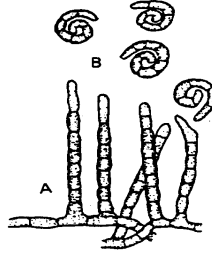


HELICODENDRON

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



HELICOSPORIUM



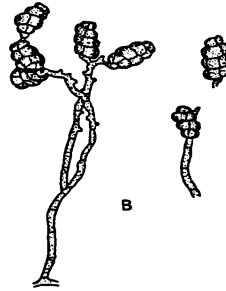
HELICOMA



A



HELICOON



B

شكل (٢ - ١٧) : الكونيديات ذات الشكل الحلقي وحواملها الكونيدية لبعض أشباه الأجناس المعاصرة ، والتي تتشابه مع بعض الفطريات الحلقية 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 *Helicominà* ، و *Trochophora* (شكلى ٢ - ١٦ ، ٢ - ١٧) ، وأيضاً تتشابه الحوامل الكونيدية ذات الشكل الحلقي لأشباه الأجناس السابقة فيما بينها ، وإن كانت تبدو أكثر نحافة فى الفطر الحفرى *Paleoslimacomycetes canadensis* .

سادساً - رجل الثلج البدائى وفطريات العصر الحجري :

ومن العصر الجليدى Glacial ، ظهر لنا اكتشاف علمى باهر لجثة إنسان بدائى من العصر الحجري ، وجدته بعثة علمية فى نهر تيروليا المتجمد Tyrolean glacier بوسط أوروبا عام ١٩٩٠ .

ولقد تناقلت وكالات الأنباء هذا الاكتشاف الهام ، خاصة أن جثة هذا الرجل كانت مازالت بحالة جيدة ، متجمدة 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 المجذولة ، تحتوى على بعض أدوات الصيد ، وأهم ما فيها - بالنسبة لنا - هو مجموعتان من الأجسام الثمرية لفطريات عيش الغراب الرقية القلبية ، 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 الحجري) . وكان هذا الكشف أيضاً 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 الثلجات) . وعلى الرغم من ذلك ، كانت هناك مناطق فى أوروبا اهله بالسكان ، عمل أهلها غالبا بالصيد ، وخاصة حيوانات الرنة ، وكانوا رحالة يتعقبون فرانسهم .

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 الرقية الثقبية .

ولقد رجح العلماء أن لفائف عيش الغراب السابقة كانت تمثل أهمية خاصة لهذا الرجل البدائى فى 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 الرقية استعملت كدواء مضاد للسهال ، وأثبت العلم الحديث ذلك ؛ بسبب احتوائها على مواد مضادة للبكتيريا ؛ مثل حمض الأجاريسيك agaric acid الذى يوجد فى أحد الفطريات الرقية الثقبية ، الذى يطلق عليه اسم فطر عيش غراب اللاركس ذو الثقوب (*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 ألامه 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 نغفلن إليها نحن فى بيئتنا الحديثة .

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

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

ولقد استعمل هؤلاء الباحثون دراستهم ، وذلك بفحص محتويات السلة فحصاً ميكروسكوبياً . وكما كان مثيراً للدهشة اكتشف بقايا كربونية لآثار فحم على قطعة الخشب وحجر البيريت ، وأيضاً حول قطع ثمار عيش الغراب الجافة المتناثرة في سلة الرجل البدائي .

هذه المشاهدات جعلت الاعتقاد باستعمال ثمار عيش الغراب السابقة كمادة قابلة للاشتعال أكثر منطقية من ذي قبل ؛ وبذلك قد تكون هذه المواد البدائية التي وجدت مع رجل الثلج هي أول قذاحة معروفة من العصر الحجري .

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

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

وعلى هذا ، فهناك ثلاثة احتمالات ، تفسر سبب احتفاظ رجل الثلج البدائى بهذه اللقائف 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 التي وجدت في سلة رجل الثلج تحتوى على عدة أنواع من ثمار عيش الغراب الرقية ، وليس نوعا واحدا ، وأن غالبية الثمار الموجودة تابعة للفطر *Piptoporus betulinus* 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 في عديد من المجتمعات البشرية البدائية القديمة مثل ؛ *Lenzites betulina* ، و *Daedalea quercina* ، ولم تشاهد هذه الأنواع في سلة رجل الثلج .

وعلى ذلك ، فنحن أمام رجل رحالة من العصر الحجري ، كان في رحلة عبر جبال وسط أوروبا ، وكان يحمل معه سلة الإسعافات الأولية بما فيها من أدوات ، وأيضا على ثمار أحد فطريات عيش الغراب الرقية التقيية التي كانت معروفة لديه ، والتي 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 في مأمن من متاعب السعال وهو في رحلته الطويلة ؛ إلا أن القدر لم يمهله لاستعمالها ، ومات ودفن وسط النهر المتجمد ، ليظل آلاف السنين مجمداً ، حتى تعثر عليه البعثة العلمية ، وتقل لنا جزءاً من التاريخ الإنسانى البعيد ، لرحالة من العصر الحجري يحمل لنا عينة من ثمار عيش الغراب الخثرية .

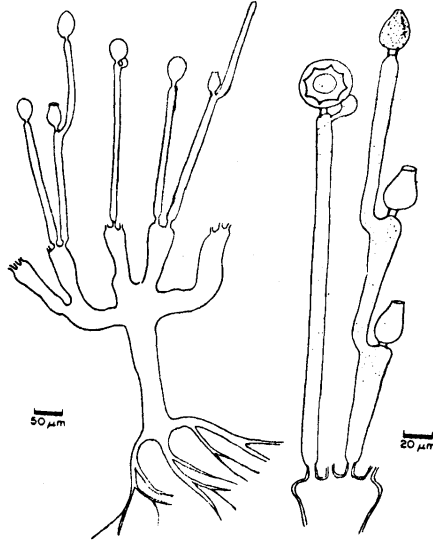
: **References** المراجع - سابعا

- 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.) Endocytobiology. 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-Monateshefte 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 Rhynic 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 .
- Gerdeemann, 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 *Endophragma* auct. with notes on relevant generic names. New Zealand Journal of Botany. 17 : 139 - 188 .
- Kalgutkar, R. M. (1993) . Paleogene fungal palynomorphs from Bonnet plume formation, Yukon territory. Contributions to Canadian paleontology. Geological Survey of Canada Bulletin. 444 : 51 - 105 .

- Agutkar, R. M. and L. Sigler (1995) . Some fossil fungal formtaxa from the Maastrichtian and Palaeogene ages. Mycol. Res. 99 (5) : 513 - 522 .
- Aldston, R. and H. W. Lang (1921) . An old red sand stone plants showing structure. from the Rhynic 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 globule complex in zoosporic fungi-biospores. 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 ? . Neues Jahrbuch für Geologie und Palaeontologie. Monatsheft, 11 : 701 - 704 .
- Smoot, E. L. ; T. N. Taylor and T. Delevoryas (1983) . Structurally preserved fossil plants from Antarctica. I. *Antarcticveas* 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 Paleozoic 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 Triassic of Antarctica-American J. Bot. 76 : 389 - 396 .
- Taylor, T. N. ; W. Remy and H. Hass (1992) . Fungi from the lower devonian Rhynic Chert. 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



البواب المثابثة الفطريات المائية Aquatic Fungi

مقدمة :

من الصعب وضع حدود معينة ، تفصل بين الفطريات المائية ، وغيرها من الفطريات الأخرى ، ويرجع ذلك إلى أن معظم الفطريات يمكنها أن تنمو على البيئات السائلة المهتزة ؛ لاحتياج الفطر إلى الأكسجين ، ولو بكمية ضئيلة .

وعلى الرغم من أن الماء يغطي ثلاثة أرباع سطح الأرض، إلا أن نسبة الفطريات التي 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 التي أجريت على الفطريات المائية aquatic fungi أقل بكثير جدا من تلك التي أجريت على الفطريات الأرضية terrestrial fungi؛ وهذا يوضح ندرة الباحثين العاملين في هذا المجال .

والسبب في ندرة الفطريات المائية - بالنسبة إلى الفطريات الأرضية - أن البحار والمحيطات توفر بيئة محدودة التغيير في درجات الحرارة والملوحة ، بالإضافة إلى أن المواد العضوية - مثل الطحالب ، والأعشاب البحرية ، والأخشاب الطافية - التي 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 في الماء ، بينما يقضى بعضها جزءاً من حياته في 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 في الماء ؛ نتيجة انتشار جراثيمها بالرياح وسقوطها في الماء .

وهذا ما يدعونو إلى تعريف الفطريات المائية تعريفاً دقيقاً وواقعياً ، يفرق بينها وبين غيرها من الفطريات الأخرى . فالفطريات المائية هي تلك التى وطدت نفسها على الحياة في 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 في الماء ، فإنها تسمى الفطريات المهاجرة immigrants ، بينما تعرف الفطريات التى تقضى فترة مؤقتة من حياتها - عن طريق الصدفة - في الماء بـ " الفطريات الحرة versatile " .

ويحتمل في نمو الفطريات القاطنة للبيئة المائية مجموعة من العوامل البيئية ، مثل توفر المواد الغذائية ، وكفاءة الفطر في التجزئ في الماء . بينما تتواجد الفطريات المهاجرة مادامت الظروف مناسبة ، وتقل عشيرتها إذا كانت الظروف غير مواتية ؛ مثل نقص الأوكسجين ، أو قلة الغذاء .

وقد تنمو مثل هذه الفطريات المهاجرة دون تكوين جراثيم في البيئة المائية ؛ وبالتالي لا تستطيع الانتشار إلى مناطق جديدة .

وهناك بعض الفطريات المائية المتطفلة parastic fungi التى تهاجم عديداً من العوائل ؛ مثل بعض الأحياء المائية الدقيقة plankton ، والطحالب ، والحشائش البحرية ، والأسماك ، وغيرها من الحيوانات البحرية .

وتكاد تتمثل جميع المجاميع الفطرية بأفراد في 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 البازيدية Basidiomycotina في البيئة المائية .

أولاً - 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 انصهار 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 بيئات مختلفة للفطريات المائية ؛ حيث يلامس رمال الشاطئ وصخورها ، وقد يكون ملامسا للتربة الطينية كما فى المجارى المائية وسط اليابسة ، أو ملامسا للنباتات والأعشاب البحرية ، أو جذور الأشجار التى تنمو ساحلياً ؛ مثل أشجار المانجروف . وفى جميع الحالات السابقة ، يلامس سطح الماء الهواء .

وحيث إن الهواء وحبوبات التربة ورمال الشاطئ وصخورها - وأيضاً سطوح النباتات - تحتوى على أنواع مختلفة من الفطريات ، فإن تلك الفطريات تتحرر وتسقط وحدها - وهى غالباً جرثايم - فى الماء . ومن ناحية أخرى ، يحتوى الماء على عديد من الكائنات الحية الدقيقة ؛ ومنها الفطريات بطبيعة الحال ، التى قد تجد طريقها إلى البيئات المختلفة المحيطة بالبيئة المائية .

ثانياً - طرق دراسة الفطريات المائية :

يرتبط اختيار طريقة دراسة الفطريات المائية ليس فقط بالهدف من هذه الدراسة ، ولكن أيضاً بنوع مجموع الفطريات المراد دراستها ، فاتباع طرق مختلفة لدراسة مجموعة واحدة من هذه الفطريات يودى إلى نتائج متباينة .

فعلى سبيل المثال استخدام (1972) Park طريقة أطباق التخفيف ، dilution plate ، method ، والفحص الميكروسكوبى المباشر direct observation ، والمصائد الفطرية fungal baiting ، وطريقة الأطباق المصبوية particle plate technique فى دراسة عينة واحدة من الماء ، وحصل على نتائج لفطريات مختلفة ؛ فمثلاً كانت طريقة المصائد الفطرية أكثر مناسبة لعزل الجرثايم الهدبية للفطريات البيضية ، وطريقة الأطباق المصبوية 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 اختبار الطريقة المناسبة لدراسة الفطريات المائية للحصول على نتائج واقعية .

ثالثا - الفطريات البحرية Marine fungi :

تعتبر البيئة البحرية marine environment بيئة خاصة تؤثر فيها مجموعة من العوامل الكيميائية والطبيعية والحيوية ، والتي تؤثر على توزيع ونشاط وانتشار الفطريات القاطنة لمياه البحار . وتتميز مياه البحار - عن غيرها من المسطحات المائية الأخرى - في محتواها العالي من الأملاح ؛ حيث تختلف الكمية الكلية من المواد المذابة في عينات مياه البحر (لكل لتر) ؛ وذلك تبعاً للموقع الذي أخذت منه ، ومعدل التبخر فيه ، وقربه من مصب المياه العذبة .

لذلك يمكن أن تختلف نسبة الملوحة لأقل من ٠,٥٪ في مصبات الأنهار ، بينما قد تصل إلى ٣,٧٪ أو أكثر في المناطق البعيدة عن هذه المصبات . وتقدر نسبة الملوحة المعتادة في بحار ومحيطات العالم بحوالي ٣,٣ - ٣,٧٪ ، ومتوسط الملوحة ٣,٥٪ . كما تعتبر نسب الأملاح المختلفة الذاتية في 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 الزراعي ، أم الصحي، 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 الضوئي وتنفس الكائنات النباتية الدقيقة العالقة عند سطح البحر phytoplankton دورا كبيرا في زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون الذائب ؛ وعلى ذلك نجد أنه في حالة انخفاض معدل التمثيل الضوئي ، يقل تركيز ثاني أكسيد الكربون؛ مما يؤدي إلى ارتفاع رقم الحموضة إلى ٨,٣ - ٨,٥ .

وتتراوح درجة حرارة مياه البحر تبعاً 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 الشمالي والجنوبي ، تنخفض درجة حرارة الماء إلى أقل من درجة الصفر المئوي، وقد يتجمد سطح الماء في مناطق شاسعة من المحيط (المحيط المتجمد الشمالي)، بينما ترتفع درجة حرارة سطح الماء إلى ٢٠م عند خط الاستواء ، ولا تقل عن ذلك طوال العام . وكلما زاد العمق في مياه البحار والمحيطات، انخفضت درجة الحرارة .

هذه العوامل السابقة - وغيرها - تؤثر تأثيراً مباشراً على انتشار ونشاط الكائنات الحية البحرية ، ومنها الفطريات بطبيعة الحال . ولقد وصفت الفطريات البحرية لأول مرة في منتصف القرن التاسع عشر عن طريق الفرنسيين Durieu & Montagne . ولكن دراسة هذه الفطريات لم تبدأ إلا عام ١٩٤٤ عن طريق Barghoorn & Linder ، وعلى الرغم من ذلك لم تتل الفطريات البحرية حظاً وافراً من الدراسة حتى الآن .

ولقد شكك بعض الباحثين في النشاط الحيوي للفطريات البحرية ودورها في البيئة البحرية ؛ فذكر (Dowman (1970 أن الفطريات لا تستطيع البقاء حية في هذه البيئة نتيجة نقص الأكسجين وزيادة نسبة الأملاح ، بينما عزي (1972) Fenchel تحلل المواد العضوية النباتية في مياه البحار إلى النشاط الحيوي للبكتيريا وليس للفطريات . وبعد ذلك أجرى (Jones (1988 بحثاً بعنوان " هل توجد فطريات في البحار ؟ " .

ولعل هذا يجعلنا ندورنا نتساءل : هل توجد حقاً فطريات في مياه البحار والمحيطات ذات الملوحة العالية التي تصل إلى أكثر من ٣,٠ ٪ ؟ وهل لهذه الفطريات دور فعال في البيئة البحرية بالمقارنة بغيرها من الكائنات الحية البحرية الدقيقة الأخرى ؟ إن هذه الأسئلة - وغيرها - تكشف قلة المعلومات حتى لدى الباحثين في مجال الفطريات .

لقد تم وصف حوالي ٥٠٠ فطر بحري 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 تغطي جميع طوائف الفطريات ؛ حيث تظهر بعض الفطريات البحرية الأولية lower marine fungi التابعة للماستيجوميكوتات Mastigomycotina والتي تتميز بإنتاج جراثيم هيدبية سباحة ، وبعض الأفراد المتطفلة من رتبة الفطريات

الكتيريديية Chytridiales ورتبة اللاجنديديات Lagenidiales التى تتطفل على الطحالب البحرية ، بينما تنمو بعض الأفراد الأخرى منها مترممة .

وتعتبر الفطريات التابعة لرتبة الفطريات البيضبة الشبيهة بالكتيريديية Thraustochytriales ، وأيضاً رتبة Labrinthulales فطريات بحرية إجبارية ؛ حيث لا توجد فى موطن اخر غير مياه البحار . وهذه الفطريات التى قسمت فيما مضى على أنها تتبع الكائنات مشكوكه القرابة بالفطريات ، اعاد Porter عام ١٩٨٩ وضعها فى قبيلة منفصلة ؛ هى قبيلة فطريات العفن الهلامية الشبكية : Phylum Labyrinthomycota . ويلاحظ غياب الفطريات الزيجية عن التواجد فى مياه البحار .

أما بالنسبة للفطريات البحرية الهديبة 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 وسيفان أحد الأعشاب البحرية .

ومن الفطريات البازيدية التى تهاجم الأخشاب الطافية فطر *Digitatispora marina* الذى يتبع الفطريات البازيدية ذات الطبقة الخصيبية Hymenomycetes والفطر *Nia vibrissa* التابع للفطريات البازيدية المعدية Gasteromycetes . ويلاحظ أن الجراثيم البازيدية فى الفطريات البحرية تأخذ شكلاً عديد الأذرع ، مما يجعلها تتشابه مع كونيديات عديد من الفطريات المائية الهيفية (شكل ٣ - ١) .

ومن ناحية أخرى يلاحظ أن الأجسام الثمرية للفطريات الأسكية والبازيدية تكون عادةً - صغيرة الحجم ؛ مثال ذلك الجسم الثمرى للفطر البازيدى *Hatocyphina villosa* ؛ وهذا يعكس - دون شك - الظروف التى تعيش فيها هذه الفطريات البحرية؛ حيث إن الأجسام الثمرية الكبيرة واللحمية ستكون هدفاً لبكتيريا العفن البحرية.

ومعظم الفطريات البحرية التى تستوطن الأخشاب الطافية المحللة للجنين تتبع الفطريات الأسكية ؛ حيث وصف حوالى ١٤٩ جنساً ، معظمها تكون أجساماً ثمرية دورقية perithecia ؛ بينما شوهد فطران يكونان أجساماً ثمرية مقفولة clestothecia وفطرا واحداً يكون أجساماً ثمرية مفتوحة apothecia هو الفطر *Orhilia marina*

المسبب لعفن الطحالب النامية على سطح البحر ، وبالإضافة إلى ما سبق يوجد حوالي ١٨٠ نوعاً من الخمائر البحرية .

وتتبع الفطريات الأسكية البحرية الفطريات المكونة لأجسام ثمرية دورقية و Pyrenomycetes و الفطريات المكونة لأجسام ثمرية مطمورة فى حشيات ثمرية Loculoascomycetes ؛ حيث مثلت كل مجموعة رتبةين . وتوجد تحت رتبة Sphaeriales حوالي ٨٤ نوعاً معظمها تحت عائلة Halosphaeriaceae ، بينما وصل عدد الفطريات التابعة إلى تحت رتبة Dothideales إلى حوالي ٥١ نوعاً .

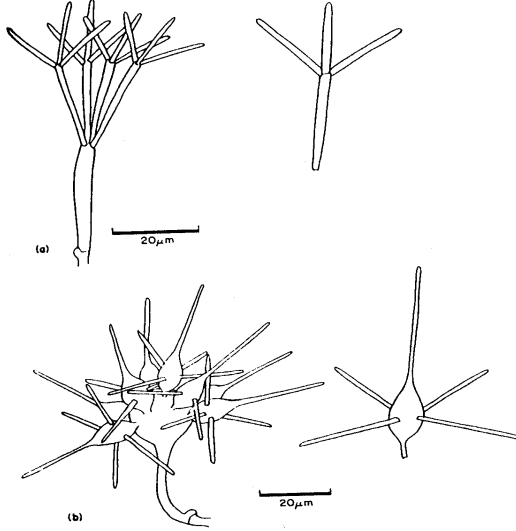
ومن الفطريات الأسكية البحرية الفطر *Ocostaspora apilongissima* الذى يكون أجساماً ثمرية دورقية ؛ حيث يتبع مجموعة Pyrenomycetes . ولقد وصف هذا الفطر لأول مرة بواسطة (Jones et al . 1983) ؛ وذلك خلال عزل مجموعة من الفطريات البحرية من أخشاب طافية على سطح مياه خليج جزيرة San Juan بالولايات المتحدة .

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 .

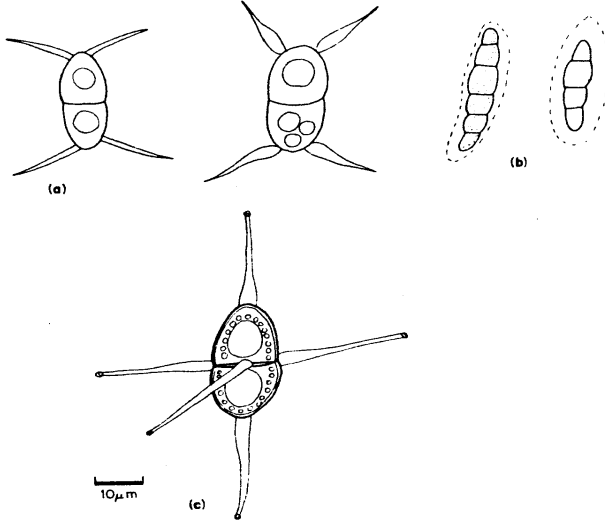
وفى عام ١٩٨٣ عزل (Jones et al (1983) هذا الفطر من على دعائم خشبية مغمورة فى مياه شاطئ خليج Galway بجنوب أيرلاندا ، وتم تعريف الفطر بأنه *Halosphaeria appendiculata* Linder ؛ وذلك على أساس وجود زوائد طرفية ومحيطية ذات شكل ملعقى (شكل ٣ - ٤ - ٣) .

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 ميكروناً ، بينما تراوح قطرها بين ٣٠٠ و ٣١٧,٦ ميكروناً .

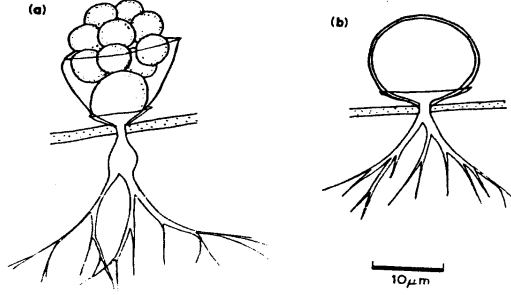


شكل (١ - ٣) - a = الحامل البازيدي والجراثيم البازيدية الرباعية الأذرع للقطر
. Digitatispora marina
 b = الحامل البازيدي والجراثيم البازيدية الخماسية الأذرع للقطر
. Nia vibrissa



شكل (٣ - ٢) : جراثيم أسكية لبعض الفطريات البحرية الأسكية التي تستوطن الخشب الطافي فوق سطح الماء .

- . a = الفطر *Halosphaeria quadricornuta* والفطر *H. salina*
- . b = الفطر *Leptosphaeria neomaritima* والفطر *L. conlecta*
- . c = الفطر *Ceriosporopsis calyptata*



شكل (٣ - ٣) : الفطر *Thraustochytrium proliferum* . أحد الفطريات البحرية الشبيهة بالفطريات الكثريرية .
 a = كيس يحتوى على جراثيم سابحة zoosporangium .
 b = كيس أسبورانجى ساكن .

وتتميز الأجسام الثمرية بأنها تحت كروية إلى منضغطة ، ذات لون بنىّ 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 بيضىّ ، وتتكون من خليتين ؛ حيث يوجد انقباض عند الجدار الفاصل بينهما . والجراثيم 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 أعماد جيلاتينية ؛ حيث يعملان على مساعدة الجراثيم الأسكية على الطفو بالقرب من سطح الماء وعدم ترسيبها إلى عمق البحر ، وأيضاً على تعلق الجراثيم الأسكية بالأجسام الطافية والأعشاب البحرية .

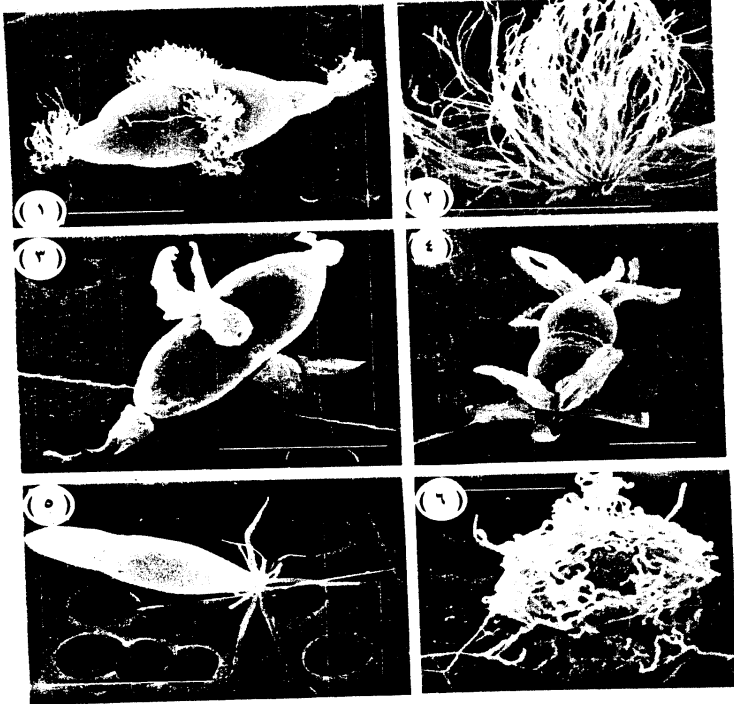
ولقد درس عدد من الباحثين أهمية الزوائد الهيفية التي تتميز بها الجراثيم الأسكية ، وأيضاً الأذرع المتفرعة الموجودة على الجراثيم البازيدية في الفطريات البحرية ؛ حيث وجد (1980) Ress أن إزالة أذرع هذه الجراثيم وتفرعاتها الهيفية يعمل على سرعة ترسيبها في الماء إذا قورنت بالجراثيم العادية ذات الزوائد أو الأذرع. وهذا يدل على الدور الهام الذي تقوم به مثل هذه الزوائد الموجودة على سطح جراثيم الفطريات المائية في المساعدة على طفوها على سطح الماء ، وعدم ترسيبها إلى القاع ؛ مما يؤدي إلى عدم إنباتها وموتها في 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 مكوناً شكلاً رغوياً . وتساعد هذه الزوائد أيضاً على انتقال هذه الجراثيم من مكان إلى آخر ؛ وخاصة إلى شاطئ البحر .

وتختلف أشكال الزوائد الموجودة على الجراثيم الأسكية للفطريات البحرية ؛ فهى إما أن تكون خيطية الشكل ، مثال ذلك الفطريات : *Ampitodera mangrovii* و *A. chesapeakeensis* و *Cucullospora mangrovii* و *Trichomaris invadens* و *Appendichorella amicta* (شكل ٣ - ٤ - ٦ ، ٧ ، ٨) ، وقد تظهر بعض الجراثيم محاطة بغطاء جيلاتيني ؛ مثال ذلك الفطريات : *Pleospora Leptosphaeria* و *L. australiensis* ، و *Nimbospora effusa* و *quadrefoyi 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 maritima* 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 التي تفرز قطرات من مادة جيلاتينية (مخاطية) من قمة جراثيمها الطرفية ؛ مثال ذلك الفطريات *Aigilus grandis* و *Lulworthia spp.* و *Kohlmeyerella tubulata* .

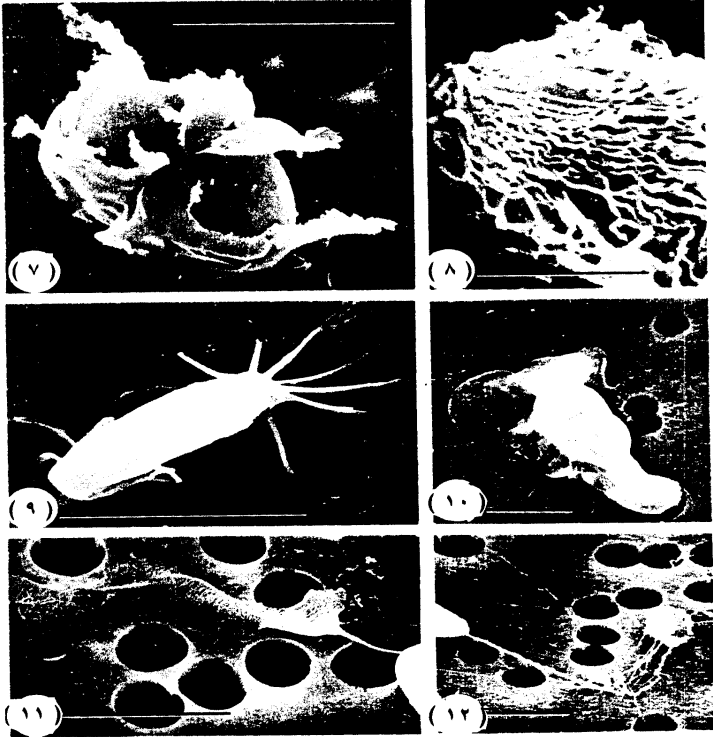


شکل (٤ - ٣)

- شكل (٣ - ٤) : الجراثيم الأسكية لبعض الفطريات الأسكية البحرية marine ascomycotina ، تم التقاطها بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) .
- ٢،١ - خصل الزوائد الهيفية الطرفية والمحيطية التي تشبه الشعر في الجرثومة الأسكية للفطر *Vereiospora cristata* .
 - ٣ - الزوائد الهيفية الطرفية والمحيطية التي تشبه الملحقة في الجرثومة الأسكية للفطر *Halosphaeria appendiculata* .
 - ٤ - زوائد طرفية فقط مكونة من تبرعم الغلاف الخارجي للجرثومة الأسكية في الفطر *Remispora stellata* .
 - ٥ - زوائد طرفية هيفية متجمعة في شكل تاج على طرف واحد فقط من جرثومة أسكية للفطر *Keissleriella* sp .
 - ٦ - زوائد هيفية ملتفة حول نفسها وتؤدي وظيفة التصاق وتعلق الجرثومة الأسكية بالأجسام الطافية . في الفطر *Appendichordella amicta* . (طول الخط الأبيض في الصور السابقة = ١٠ ميكرونات) .

وبالإضافة إلى ما سبق ، فهناك حوالي ٥٦ نوعا من الفطريات البحرية تم وصف أطوارها الكونيدية ، وصنفت في طائفة الفطريات الناقصة Deuteromycotina . ويتطفل بعض هذه الفطريات البحرية الهيفية على الطحالب البحرية أو الحشائش البحرية ، أو قد ينمو أفراد منها في حالة تبادل منفعة مع بعض الطحالب البنية ، مثال ذلك الفطر *Mycosphaerella ascophylli* الذي يتعايش مع الطحالب البنية من الجنس *Pelvetia* والجنس *Ascophyllum* . وعلى أية حال ، فإن معظم الفطريات البحرية الهيفية تترمم على الطحالب والخشب الطافي على سطح الماء ، وعلى الحشائش المائية النامية على الشواطئ .

ولقد وجد - أيضا - في البيئة البحرية بعض الأشنيات ، والتي ينمو فيها فطر أسكى في حالة تبادل منفعة مع طحلب أخضر أو طحلب أخضر مزرق (سيانوبكتيريا)؛ مثال ذلك الأجناس : *Arthrospira* ، و *Verrucaria* ، و *Lichina* ، بينما تتعايش بعض الفطريات المائية مع الحيوانات المرجانية Corals (Kohlmeier & Volkman-Kohlmeier, 1989) .



تابع شكل (٣ - ٤)

- تابع شكل (٣ - ٤) : ٧ = زوائد هيفية طرفية ومحيطية على الجراثيم الأسكية للفطر
Croenhiella 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
Lanospira 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 : *Pythium* ، و *Phytophthora* ، و *Leptosphaeria* ،
 و *Pleospora* . (Jones, 1988) .

ولقد اقترح (Rohlmeier) (1986) أن الفطريات البحرية الأسكية قد تطورت من
 الطحالب الحمراء ، التى يمكن مقارنتها بالأفراد المعاصرة من رتبة *Ceramiales* ؛ من
 خلال فطر باند 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 التي تتواجد في مياه البحار كبيئة طبيعية وموطن أساسي لها يمكن أن يدعم نظرية المنشأ الحديث لهذه البيئة ؛ مثال ذلك الأجناس : *Antemospora* ، و *Cucullospora* ، و *Holosphaeriotopsis* ، و *Lanospora* ، و *Manglicola* ، و *Ondinella* ، و *Orbimycetes* ، و *Swampomyces* .

٣ - تأقلم الفطريات البحرية :

كم كان مثيرا لدهشة علماء الأحياء والمشتغلين بعلم الفطريات لأجيال عديدة قدرة نمو الفطريات البحرية على النمو في هذه البيئة المائية العالية الملوحة (حوالي ٣,٥ ٪ ملح كلوريد الصوديوم) ذات الوسط القاعدي (7.5 - 8.4 pH) ، بل إن هذه الفطريات تستكمل مراحل نموها وتتكاثر لأجيال عديدة في مياه البحار .

ولا ترجع ظروف البيئة البحرية إلى ارتفاع الملوحة فقط ، ولكن - أيضا - إلى أن أيونات الصوديوم والكلوريد نفسها سامة لعدد من العمليات الحيوية التي تجري داخل بروتوبلازم الفطر ، كما أن ارتفاع الضغط الأسموزي خارج الخلية يضر بالغشاء السيتوبلازمي ، هذا كله دعا علماء النبات إلى تشبيه هيفات الفطر النامية في البيئة البحرية بالأسطورة اليونانية القديمة (Scylla-charybdis dilemma) ؛ وهو ما يقابل عندنا (بين نارين) .

ولكى تستطيع الهيفات الفطرية امتصاص الماء من مياه البحار التي حولها - والتي يقل فيها الضغط المائي نتيجة ارتفاع ملوحتها - فإنها تحتاج إلى وجود تركيز عالٍ للغاية من المواد الذائبة داخل الخلية للمحافظة على الضغط الأسموزي للبروتوبلازم ؛ وذلك لمجابهة ارتفاع الضغط الأسموزي خارجها ؛ مما يعمل على مقاومة بلزمة الخلايا .

ومعظم الأملاح الذائبة في مياه البحر حول الفطر عبارة عن أيونات الصوديوم والكلوريد ؛ وهي سامة لبروتوبلازم خلايا الفطر ، فكيف استطاع الفطر التأقلم على مجابهة هذه المشكلة ؟ .

ولقد أجريت عدد من الأبحاث للإجابة عن هذا السؤال ، وفي بحث بعنوان " استراتيجيات تحمل الملوحة في 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 ببضبط ضغطها الاسموزي عن طريق التمثيل الغذائي لكميات من المركبات المعقدة ؛ مثل بعض السكريات الكحولية (المانيتول ، والجليسرول) .

وعند وجود تركيزات عالية من هذه المواد في بروتوبلازم خلايا الفطر ، فإنها تعمل على خفض الضغط المائي داخل الخلايا ؛ بحيث يتدفق الماء من خارج الخلية الى داخلها من خلال الغشاء السيتوبلازمي شبه المنفذ . وهذه السكريات الكحولية لا تسبب أى ضرر لحبوية الخلايا الفطرية حتى عند زيادة تركيزها ؛ ولذلك يطلق على هذه المواد اسم " الذائبات المتوافقة compatible solutes " .

وبالإضافة الى ذلك فإن بعض أيونات الصوديوم والكلوريد تجد طريقها الى داخل بروتوبلازم خلايا الفطريات البحرية ، وهذا بدوره يرفع من الضغط الاسموزي لهذه الخلايا ، ويساعد على استمرار تدفق الماء من خارج الخلية الى داخلها . ولقد وجد أن تركيز هذه الأيونات محدود ، ولا يصل الى درجة تضرر بروتوبلازم الخلية (Clipson & Jennigs, 1992) .

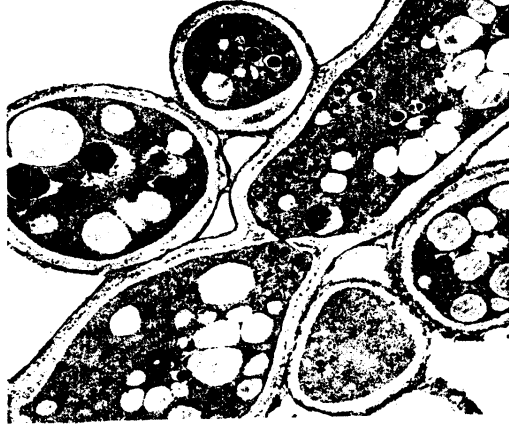
ومن الواضح أن هذا التركيز المحدود من أيونات الصوديوم والكلوريد يتم التحكم فيه عن طريق كفاءة الغشاء السيتوبلازمي ؛ حيث تمر هذه الأيونات - وغيرها - من خلال هذا الغشاء . وما زالت كيفية التحكم في حركة هذه الأيونات عبر الغشاء السيتوبلازمي مجهولة حتى الآن (Clipson & Hooley, 1995) .

وهناك نباتات بحرية أخرى عديدة الخلايا (كالتطحالب ، والأعشاب البحرية) تواجه نفس المشكلة السابقة ، واستطاعت التغلب عليها بنفس الأسلوب السابق ، مع اتباع وسيلة لتنقية المياه المتدفقة الى داخل الخلايا من الأملاح الذائبة . ولقد أوضحت صور الميكروسكوب الإلكتروني 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 التطحالب البحرية والأعشاب البحرية ؛ وهذا يوفر لها ميزة جديدة ، حيث يتم تخزين الأملاح التي تدخل الخلايا في هذه الفقاعات ؛ ومن ثم تتجو الخلية من أضرار ارتفاع نسبة هذه الأملاح في بروتوبلازمها .

وعلى الرغم من ضلالة حجم الفقاعات العصبيرية في 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 الذاتية أكثر من اعتماده على تركيز الأملاح الذاتية في الفقاعات العصبيرية .

وعلى أية حال ، مازالت الدراسات والبحوث تحاول فهم الكيفية التي استطاعت من خلالها الفطريات البحرية أقلمة نفسها على الحياة في بيئة المياه المالحة ، وخاصة أن بعض الفطريات البحرية (مثل *Althornia crouchii*) تحتاج في نموها إلى تركيز عال من ملح كلوريد الصوديوم ، ويقل النمو بانخفاض ملوحة الماء الذي تنمو فيه ؛ فمثلا يتسبط 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 هي النسبة المعتادة لملوحة ماء البحار والتي تقدر بحوالى ٣,٠ ٪ .



شغل (٣ - ٥) : صورة بالميكروسكوب الإلكتروني (TEM) لهيفيا الفطر *Dendryphiella salina* نامية على بيئة تحوى على ٢٥ ملليمول من ملح كلوريد الصوديوم .

٣ - التوزيع الجغرافى والموسمى للفطريات البحرية :

توجد الفطريات البحرية فى جميع بحار ومحيطات العالم ، ويحصر انتشار بعض الفطريات البحرية فى المناطق المعتدلة ، أو فى المناطق الاستوائية ، بينما تعتبر عديد من الفطريات البحرية عالمية الانتشار .

ولقد تُدرَس 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 كميات كبيرة من هذه المواد العضوية ، ثم تحملها إلى مصبات الأنهار ، التى تكون - غالبا - بحارا أو محيطات ، وهكذا تجد هذه المواد العضوية طريقها إلى البحار المفتوحة . وتتقافذ الأمواج هذه المواد العضوية لمسافات بعيدة ؛ حيث تنمو عليها عديد من الفطريات البحرية .

وتنمو الفطريات البحرية - أيضا - على جذور الأشجار النامية على شواطئ 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 هي :

١ - المنطقة الاستوائية Tropical region : حيث تصل أدنى درجة حرارة لسطح الماء إلى ٢٠م ، وتتميز هذه المنطقة بتكوين الشعب المرجانية بالقرب من سطح الماء .

٢ - المنطقة تحت الاستوائية Subtropical region : حيث تصل أدنى درجة حرارة لسطح الماء إلى ١٧م فى شهر أغسطس فى نصف الكرة الجنوبي ، وفى شهر فبراير فى نصف الكرة الشمالى .

٣ - المنطقة المعتدلة Temperate region : يتراوح فيها أقصى درجة حرارة لسطح الماء بين ١٧ م في الشهور الباردة ، وأعلى من ١٠ م فى الشهور الدافئة .

٤ - المنطقة القطبية . (القطب الشمالى والجنوبى) Arctic and Antarctic region : والتي 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 الموسمي 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 الموسمي 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 للهبئات 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 ، والتي 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) .

العمق بالمتر	نوع الفطر
١٢٦ - ٨٠	<i>Zalerion maritimum</i>
٢٨٠ - ٨٧	<i>Corollospora maritima</i>
٣٨٠ - ٨٠	<i>Lulworthia purpurea</i>
٤٣٧ - ١٣٠	<i>Halosarphaea unicaudata</i>
٦٤١ - ٦٣١	<i>Abyssomyces hydrozoicus</i>
١٧٢٠ - ١٦١٥	<i>Bathycus vermispurus</i>
١٧٢٠	<i>Allescheriella bathygena</i>
٣٩٧٥	<i>Oceanitis scuticella</i>
٥٣١٥ - ٥٩٧٥	<i>Periconia abyssa</i>

5 - 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* و *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 *Corollaspora maritima* و كونيديات الفطريات *Dendryphiella salina* و *Asteromyces cruciatus* و *Zalerion 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 thalassiae* لم يمكنها الإنبات فى الماء العذب .

ب - النمو الميسليومى :

نمو جديد من الفطريات البحرية الراقية على مدى واسع من نسبة الملوحة ؛ فمثلاً 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 الاسكية المكونة لثمار دورقية مثل *Lulworthia florida* و *Lindra thalassia* و *Halosphaeria mediosetigera* النمو على مدى واسع من تركيز ملوحة مياه البحر ؛ (Meyers & Simms, 1965) ، بينما يمكن للفطر البازيدي *Halocyphina villosa* النمو في مدى ملوحة يتراوح بين ١ % و ٢٠٠ % من ماء البحر (Rohrmann & Molitoris, 1986) .

ج - التجزئ :

يختلف تأثير التغير في تركيز مستوى الملوحة على تكاثر الفطريات البحرية الراقية؛ بعض الأنواع تستطيع التجزئ في مستويات ملوحة تتراوح بين صفر (ماء مقطر) إلى ١٠٠ % من ماء البحر ، بينما تفشل فطريات أخرى في تكوين أية جراثيم ، أو قد تكون جراثيم غير ناضجة إذا انخفض تركيز الأملاح عن ٣,٥ % ، وهو التركيز العادي لمياه البحار .

ولقد وجد (Doguet (1964 أن الفطر البحري البازيدي *Digitatispora marina* يمكنه التجزئ في 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 البحري البازيدي في المناطق المعتدلة ، وأن جراثيمه تتكون - عادة - في الشهور الباردة .

ولقد وجد - أيضا - أن الفطر البازيدي *Halocyphina villosa* يكون أجسامه الثمرية في 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 في بعض الفطريات البحرية الناقصة (مثل *Varicosporina ramulosa* و *Orbimycetes spectabilis*) ؛ حيث ينمو ميسليومها في تركيزات مختلفة من مياه البحر تتراوح بين صفر إلى ١٠٠ % ، كما لوحظ زيادة نمو هذه الفطريات مع زيادة الملوحة . وتتكون الكونيديات في هذه الفطريات عند تركيز ٢٠ % من مياه البحر على الأقل ، فإذا انخفض التركيز عن ذلك فشل الفطر في التجزئ .

٦ - المواد والعوائل التي تنمو عليها الفطريات البحرية :

هناك مدى عريض من المواد المتاحة والمتوفرة في مياه البحار تصلح لنمو الفطريات البحرية عليها ؛ فجميع المواد العضوية - مثل الحشائش البحرية ، وأوراق ريزومات ، 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 اللاقارية البحرية وغيرها - صالحة كغذاء للفطريات البحرية .

ولقد درس كثير من الباحثين الدور الذي تقوم به الفطريات البحرية في تحليل المواد العضوية ذات الأصل النباتي والمحتوية على سيليلوز ولجنين ، بينما هناك نقص واضح في الدراسات الخاصة بدور الفطريات البحرية في تحليل الأنسجة الحيوانية والمواد الهيدروكربونية في البيئة البحرية .

ولقد تم تسجيل أكثر من ١٥٠ نوعاً من الفطريات البحرية الراقية النامية على مواد نباتية مختلفة في البيئة البحرية ؛ مثل الأخشاب الطافية أو المغمورة تحت سطح الماء أو المدفونة في رمال الشاطئ ؛ حيث إن لكل بيئة فطرياتها الخاصة بها ؛ فعلى سبيل المثال ينمو على الأخشاب المدفونة في 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 - أيضاً - على رمال الشاطئ . وتتميز هذه الأجسام الثمرية بأن لها جداراً خارجياً سميكاً يحميها من الجفاف ، كما يعمل ميسليوم هذه الفطريات على تثبيت الأجسام الثمرية على حبيبات رمال الشاطئ ؛ ويحميها من حركة الرياح والأمواج .

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 عنفاً طرياً لها (Mouzouras, 1986) ، ففى حين أن بعض الفطريات البازيدية (مثل

على أن تسبب عفنا أبيض للأخشاب الطافية ؛ محلة السيليلوز والجنين معا .
 وبعض الفطريات البحرية ذات كفاءة محدودة في تحليل السيليلوز ؛ مثال ذلك

الفطران : *Zalerion maritimum* ، و *Arenariomyces trifurcatus* ، بينما تعمل فطريات أخرى على اختراق الخشب مستفيدة من المواد الغذائية سهلة التحلل ؛ مثل السكريات والنشا الموجودة في الأشعة البارانشيمية ؛ ومن أمثلة تلك الفطريات *Bergenerula* ، و *Dendrohyphiella salina* ، و *Alternaria maritima* ، و *Leptosphaeria obiones* ، و *spartina* .

ويلاحظ أن بعض البكتيريا البحرية تشارك - أيضا - في تحليل المواد العضوية المعقدة في مياه البحار ؛ حيث تتخلل الطبقات الخارجية من كتل الخشب الطافية ، محللة المواد الليجنوسيليلوزية ، بينما تستطيع الفطريات اختراق هذه الأخشاب إلى مسافات أعمق عن طريق نمو الهيفات .

كذلك تحتوي كتل الأخشاب الطافية على مواد سهلة التحلل مثل الكربوهيدرات ، وهي أول ما يتم تحليله بواسطة الفطريات البحرية . بينما تظهر الفطريات المحللة للجنين في مرحلة متقدمة من التحلل ؛ وهذا يجعلنا نتفهم سر تتابع ظهور الكائنات الحية الدقيقة على المواد العضوية أثناء تحللها في مياه البحر .

وفيما يلي أهم المواد التي تنمو عليها الفطريات البحرية :

أ - الأخشاب الطافية :

تتجرف كميات كبيرة من الأخشاب إلى البحار عن طريق الأنهار ، أو عن طريق النشاط الإنساني ؛ حيث تقطن عديد من الفطريات البحرية هذه الأخشاب الطافية والدعام الخشبية والأخشاب المغمورة . وقد لوحظ أن نمو هذه الفطريات على الخشب يؤدي إلى وجود فجوات من الأنسجة المتحللة في الطبقات الوسطى للخشب الثانوي للأوعية الخشبية ؛ وهذا يسبب - في النهاية - عفنا طرئاً للكتل الخشبية الطافية أو المغمورة في الماء .

ولقد اختبرت حوالي ١١٠ عزلات من الفطريات الأسكية البحرية ؛ لمعرفة قدرتها على تحليل الخشب وإحداث العفن الطري ؛ حيث أثبتت النتائج أن ٨٠ عزلة

منها تسببت في إحداث العفن ، كما سببت بعض هذه العزلات الفطرية إنقاص وزن الخشب.

وعلى سبيل المثال استطاع الفطر *Corollospora maritina* أن يقص حوالى ٢٦ ٪ من وزن كتل خشب الزان المغمورة في ماء البحر المضاف إليه ٠.١ ٪ من مستخلص الخميرة عند درجة حرارة ٢٧م في خلال فترة تحضين قدرها ١٨ أسبوعاً .

ومن ناحية أخرى ، تسبب الفطر *Nia vibrissa* في إحداث ثقوب في كتل خشب الزان المغمورة في ماء البحر ؛ حيث يفرز هذا الفطر إنزيمات خارجية محللة للسيليلوز ، تعمل على إنقاص سمك الجدر الخلوية للخشب مسببة عفا أبيض .

ولقد درس عديد من الباحثين تتابع نمو الفطريات على كتل الخشب المغمورة في مياه البحار ، إلا أن هناك عوامل هامة تلعب دوراً في 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 في الماء ؛ حيث تستغل هذه الفطريات ذلك الوقت في النمو الميسليومي .

ويلاحظ أن درجة الحرارة ونوع الخشب يلعبان دوراً فعالاً في نمو الفطريات على الكتل الخشبية السابقة ؛ فمثلاً يفضل الفطر *Halosphaeria appendiculata* خشب الزان ، بينما يفضل الفطر *Ceriosporopsis circumvestita* خشب الصنوبر الأستكتلندى .

ويبدو أن هناك نوعاً من تتابع الفطريات على الكتل الخشبية الطافية أو المغمورة في مياه البحار ، وقد يعكس هذا التتابع الوقت اللازم لتكوين الجراثيم والأجسام الثمرية لهذه الفطريات . ومن الفطريات التى تظهر مبكراً عن غيرها الأجناس *Humicola* ، *Zalerion* ، و *Piricauda* .

كما تشترك كائنات حية أخرى في مهاجمة الكتل الخشبية الطافية على مياه البحار ، مثل البكتيريا ، والأكتينوميستات ، بالإضافة إلى عديد من الكائنات الحيوانية البحرية كالقشريات والرخويات .

وأيضاً يظهر هنا نوع آخر من تتابع ظهور الكائنات الحية المحللة للأخشاب فى البيئة البحرية ؛ فمثلاً تلعب الفطريات والبكتريا البحرية دوراً فى تجهيز الأخشاب

زيادة قابليتها للإصابة بالحيوانات القشرية البحرية . وقد يفسر ذلك بأن النمو الفطري والبكتيري على هذه الأخشاب قد يعمل على توفير نسبة من البروتين والفيتامينات والزيوت اللازمة لنمو وتكاثر هذه الحيوانات البحرية .

وتقسم الفطريات البحرية النامية على كتل الأخشاب الطافية أو المغمورة حسب تركيز الملوحة الموجودة في مياه مصبات الأنهار والبحار ؛ ففي المياه قليلة الملوحة والتي تتراوح نسبة الملوحة فيها بين ٠,٥ و ٣,٠ ٪ تنمو بعض الفطريات البحرية الناقصة ؛ مثل *Piricaulda pelagica* و *Cirrerialia 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 في 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 في مياه قليلة الملوحة ؛ يطلق عليها " Genuine brackich water species " ؛ مثل : الفطر الأسكي *Remispora pileate* ، و الفطر الناقص *Humicola atopallonella* ، بالإضافة إلى أنواع الفطريات النامية على الأخشاب في المياه العالية الملوحة ؛ والتي يطلق عليها اسم " Stenohaline species " ؛ وهي تشمل عدداً من الفطريات البحرية النموذجية ؛ مثل الفطر الأسكي *Corollospora maritima* ، والفطر الناقص *Zalerion maritimum* .

وتختلف أنواع الفطريات البحرية النامية على الدعائم الخشبية المغمورة في الماء ؛ وذلك تبعاً لمستوى سطح البحر (مغمورة تماماً - ملامسة لسطح الماء - فوق مستوى سطح الماء) . ويلاحظ أن الجزء العلوي من الدعائم الخشبية يكون معرضاً لأشعة الشمس والرياح والأمطار ، وأيضاً إلى رذاذ أمواج البحر (الطرطشة) . وعلى مثل هذا الجزء من الدعائم الخشبية تظهر بعض الفطريات البحرية التي تأقلمت على هذه الظروف الجديدة؛ مثل : *Remispora maritima* ، و *Dictyosporium pelagicum* ، و *Monodictys pelagica* . بينما تنمو على هذه الدعائم الخشبية المغمورة تحت سطح

الماء أنواع أخرى من الفطريات البحرية ؛ مثل : *Corollospora maritima* ، و *Zalerion maritimum* ، و *Lignicola laevis* .

ومن ناحية أخرى يختلف توزيع الفطريات البحرية على كتل الأخشاب والأوراق والفروع الطافية فوق سطح الماء ؛ فبعض الأنواع تنمو وتكون جراثيمها على الأجزاء العليا المبللة والمعرضة للهواء ، وأيضا على الأجزاء السفلى المغمورة والبعيدة عن الهواء ؛ مثال ذلك الفطريات : *Halocyphina villosa* ، و *Lulworthia grandispora* . بينما تستوطن الفطريات *Humicola altopalltonella* ، و *Tricladium sp.* سطوح الأوراق السفلية المغمورة في الماء ، وينمو الفطر *Aigialus spp.* على السطوح العليا المعرضة للهواء .

وعادة ما تتقاذف الأمواج كتل الأخشاب الطافية على سطح البحر ، وتلقيها على رمال الشاطئ ؛ بما عليها من فطريات بحرية نامية يمكن مشاهدتها - أحيانا - بالعين المجردة . وتدفن هذه الأخشاب - كليًا أو جزئيًا - في رمال الشاطئ المبللة بمياه الأمواج ؛ مما يعمل على استمرار نمو وتكوين الأجسام الثمرية للفطريات البحرية على كتل الأخشاب أو على حبيبات رمال الشاطئ الملاصقة لها .

كما تعمل الأجسام الطافية - مثل فروع وأوراق الأشجار ، والمواد العضوية الأخرى ، والرغاوى (زبد الماء) - على اصطياد كميات كبيرة من جراثيم الفطريات البحرية ؛ حيث تحملها الأمواج ، وتلقى بها على شاطئ البحر ، ومن أمثلة هذه الفطريات الأسكية : *Corollospora maritima* ، و *Arenariomyces trifurcata* (شكل ٣ - ٥) .

ولقد حدد الباحث (Koch (1974 ثلاث مناطق لشاطئ البحر الذي تلقى عليه الكتل الخشبية المبللة التي تنمو عليها الفطريات البحرية ؛ وهى :

- ١ - حد الماء : وهو المنطقة من الشاطئ الرملي الذي تصل إليه الأمواج .
- ٢ - الحد الجاف : وهو المنطقة الرملية الجافة البعيدة عن أمواج البحر .
- ٣ - المنطقة الساكنة : وهى المنطقة الوسطية بين المنطقتين السابقتين ، وتتميز برطوبة الرمل .

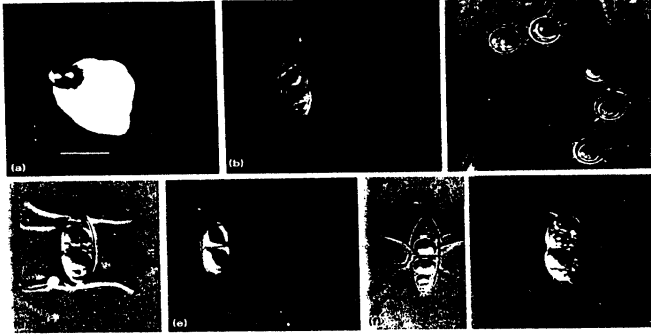
ويتوقف مصير الأخشاب التي يقذفها موج البحر على نوع المنطقة ، ففي المنطقه

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 .

و غالبا 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 يودى إلى عدم تكوين أجسام ثمرية .

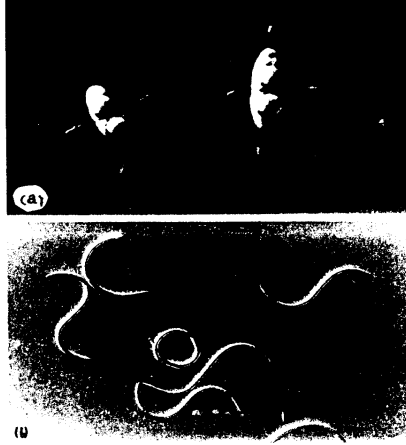
ومن أهم الفطريات الأسكية المكونة لأجسام ثمرية دورقية ، التى تنمو على السطح السفلى لكتل الأخشاب الملقاة على شاطئ البحر فى المنطقة الثالثة ، وأيضا على حبيبات الرمال حولها ، الفطريات : *Corollospora maritima* ، و *Arenariomyces trifurcata* ، و *Carbosphaerella leptosphaerioides* (شكل ٣ - ٦) .

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 Kohlmeier (1981) & Chales 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 (٦ - ٣) : بعض الفطريات الأسكية البحرية .

- a - جسم ثمرى أسكى لورقسي للفطر *perithecium Corollospora*
- b - جراثيم أسكية للفطر *Corollospora martima* ذات زوائد هيفية طرفية ومحيطية .
- c - جراثيم أسكية للفطر *Amylocarpus encephaloides* .
- d - جراثيم أسكية للفطر *Halosphaeria quadrimixis* .
- e - جراثيم أسكية للفطر *Ceriosporopsis halima* .
- f - جراثيم أسكية للفطر *Halosphaeria mediosetigera* .
- g - جراثيم أسكية للفطر *Arenarionyces trifurcata* .



شکل (٣ - ٧) : a - الجراثيم الأسكية للفطر البحري *Ceriosporopsis calyptata* .
 b - الجراثيم الأسكية ذات الشكل الخيطي في الجنس *Lulworthia* .

ب : الطحالب والأعشاب البحرية :

لقد تم تسجيل حوالي ٥٠ فطرا أسكياً و ١٥ فطرا ناقصاً متطفلاً أو مترمماً على الأعشاب البحرية ، ولعل أهم هذه الفطريات *Mycosphaerella ascophylli* ، و *Spathulospora phycophila* . ولقد وصفت خمسة أنواع تابعة للجنس *Spathulospora* كلها متطفلة إجبارياً على الطحالب الحمراء من الجنس *Ballia* في النصف الشمالي 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 يكون الفطر تركيبات تشبه القشور ، أو تتكون خلايا سميكة

الجدر تحيط بالطحلب ، ثم تتكون فريعات هيفية صغيرة دقيقة تخترق الجدار الخلوى للطحلب وتمتد داخله .

وينتطفل الفطر *Mycosphaerella ascophylli* على العوائل البحرية *Pelvetia canaliculata* ، و *Ascophyllum nodosum* ؛ حيث تحدث الإصابة فى مرحلة مبكرة بالفطر الممرض الذى ينمو جهازياً فى أنسجة النبات على صورة شبكية 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 يكون الفطر والطحلب وحداته التكاثرية معاً ، كما يعتمد الفطر والطحلب كل منهما على الآخر فى النمو والتغذية ؛ مكوناً علاقة تبادل منفعة تسمى " أشن Lichens " وعادة ما يتواجد الفطر والطحلب معاً ، ونادراً ما يتواجدان منفردين فى الطبيعة ؛ أى أن الفطر إيجابى 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 ارتباطاً ؛ مثال ذلك بعض أنواع الأشن تحت الساحلية ؛ مثل *Ectocarpus fasciculatus* الذى ينمو سطحياً على بعض النباتات المائية ؛ مثل *Pharacidia laminariicola* ، و *Laminaria sp.* . وفى مثل هذه الحالات فإن الهيفات الفطرية تكون منفصلة عن خلايا الطحلب ، ولا تتكون أنسجة جديدة مشتركة .

ج - الحيوانات البحرية :

ليس من المألوف وجود فطريات متطفلة على أسماك البحار ، حتى هذه الفطريات البحرية التى تتطفل على الأسماك المرباة فى بيئات بحرية صناعية ، فإنها لم تجر عليها دراسات كافية ، وليس من المعروف مدى إصابتها للعشائر السمكية فى أعالي البحار والمحيطات .

ويعتبر الفطر *Ichthyophonus hoferi* ذو الهيفات غير المقسمة من الفطريات

الهامة التي تصيب أسماك السردين ، وكذلك الفطر *C'hupea 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 ببضاه اللون ، وعند اشتداد الإصابة تتحلل الأنسجة ؛ مما يودى إلى موت الأسماك المصابة .

وهناك عدد كبير من الفطريات البحرية التابعة للترتيب Lagenidiales و Saprolegniales و Peronosporales تصيب بيض ويرقات الحيوانات البحرية اللاقارية . ومن أهم الأمراض التى تشاهد فى مثل هذه الحيوانات البحرية مرض صدق المحار Shell disease of oyster ؛ الذى يصيب نوع المحار *Ostrea edulis* ، الذى 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 القرني الذى يعتبر أحد مكونات الصدفة .

ويودى 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 القرني حول منطقة التهيج . ويعتبر هذا البروتين القرني المتسرب غذاء مناسباً للفطر الممرض ؛ مما يزيد من سرعة نموه ومهاجمته للأنسجة الداخلية للمحار . وقد تودى 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 منطلقه فى مياه البحر .

رابعاً - فطريات الماء العذب Fresh water fungi

معظم هذه الفطريات تقضى جميع أطوار حياتها فى الماء ؛ حيث إنها تتبع تحت قسم الماستيجومايكوتات Mastigomycotina : Sub-division ، التى تكون أطواراً متحركة من جراثيم هذبية سابحة zoospores كوحيدات 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 السابروالجينيات 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 ، وأحياناً على الحشرات الميتة .

ومن النادر نمو هذه الفطريات السابروالجينية 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 الآن لم تبذل أية محاولات لمعرفة حجم العوائل 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 عدُّ جراثيم هيدبية 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 السابروجنيتات فى مياه البحيرات ؛ وذلك عن طريق جمع عيناتٍ من المياه بالقرب من السطح ، ثم خلطها مع بيئة آجار الشوفان ، وصبها فى أطباق بترى معقمة . وبعد فترةٍ من التحضين ظهر الميسليوم غير المقسم الذى يميز هذه الفطريات ؛ حيث تم التعرف على هذه الفطريات عن طريق فحص جراثيمها الهيدبية (شكل ٣ - ١١) .

ويتعمد المستعمرات الفطرية على بيئة آجار 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 نسبياً ، بالمقارنة بطريقة المصائد 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 .

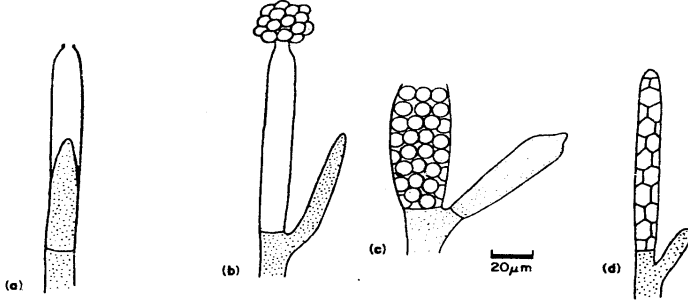
ولقد وجد أن بعض الجراثيم الهيدبية والسكنة للجنس *Saprolegnia* من أكثر

الوحدات الفطرية شيوماً في مياه البحيرات ، تتبعها الوحدات الفطرية للأجناس *Achlya* و *Aphanomyces* ، بينما تقل أعداد الوحدات الفطرية للأجناس *Leptolegnia* و *Dictyuchus* . وتتميز بعض هذه الأجناس بالنمو في بعض البيئات وعلى بعض المواد المتخصصة ؛ مثل التقاوى ، وجلد انسلاخ الحشرات وأجسامها الميتة ، والتي قد تشاهد طافية على سطح مياه البحيرات .

ومن أهم الفطريات المائية التي تنمو على جلد انسلاخ الحشرات الصغيرة في مياه البحيرات *Saprolegnia diclina* و *Aphanomyces laevis* ؛ حيث وجدت أعداد كبيرة من الجنس *Saprolegnia* على جلد انسلاخ الحشرات هدية الأجنحة *Trichoptera* ، بينما وجدت أعداد من الجنس *Achlya* وأعداد أقل من الجنس *Leptolegnia* على جلد الحشرات متبانية الأجنحة *Anisoptera* ، وأيضاً وجدت أعداداً كبيرة من الفطريات *A. laevis* و *S. diclina* على جلد انسلاخ ذبابة الكرونوميد *Chironomid fly* .

ويهاجم جلد انسلاخ الحشرات الموجودة في الماء الضحل - عادة - بعيداً من الفطريات المائية خلال ٢٤ ساعة من انفصاله عن الحشرة ، بعكس الحال في جلد الانسلاخ الذي يستعمل في المصائد الغذائية ، والذي يُدقن - عادة - في التربة على عمق ٤,٥ سنتيمتر ، فإنه قليلاً ما تهاجمه الفطريات السابروولجية ؛ ويرجع السبب في ذلك إلى أن جلد انسلاخ الحشرات الذي يطفو على سطح مياه البحيرة يكون معرضاً للماء والهواء في نفس الوقت ، وأيضاً يكون معرضاً لهجوم الجراثيم الهدبية السابحة على سطح الماء ؛ حيث إنها تحتاج إلى مستوى عالٍ من الأكسجين ، وتقل أعداد هذه الجراثيم الهدبية كلما تعمقنا عن سطح مياه البحيرة سنتيمترات قليلة .

وعند دراسة توزيع هذه الفطريات المائية على شواطئ البحيرات ، وُجِدَتْ نسبة عالية منها في الطين المكون لشاطئ البحيرة ؛ وهذا ينطبق على توزيع الفطريات البحرية على سواحل البحار والمحيطات ، ولكن نلاحظ انخفاضاً معنوياً ومفاجئاً في أعداد هذه الفطريات المائية إذا ابتعدنا متراً واحداً عن الشاطئ . والسبب في ذلك يرجع إلى احتواء الطين المكون لشاطئ البحيرات على قليل من الماء الراكد ، الذي يحتفظ بملايين من الجراثيم الهدبية الحية لهذه الفطريات المائية .



شكل (٣ - ٨) : تحرر الجراثيم الهدبية في رتبة فطريات السابروولجنيات Saprolegniales .

- a = الجنس *Saprolegnia* بعد تحرر الجراثيم الهدبية الأولية، يتكون كيس أسبورانجي ثان من خلال الكيس الأول الفارغ .
b = الجنس *Achlya* : جراثيم هدبية أولية تتراكم عند فوهة الكيس الإسبورانجي ، بينما يتكون كيس أسبورانجي جديد جانبيا .
c = الجنس *Thraustotheca* : حوصلة جراثيم هدبية أولية داخل كيس أسبورانجي ؛ حيث يتم تحرير الجراثيم الهدبية عن طريق تحلل جدار الكيس .
d = الجنس *Dietychus* : حوصلة جراثيم هدبية أولية داخل كيس أسبورانجي ؛ حيث تتحرر منها جراثيم هدبية ثانوية . ويلاحظ تكوين كيس أسبورانجي جديد جانبيا .

وتختلف أجناس وأنواع الفطريات المائية في قدرة احتفاظ جراثيمها الهدبية بحيويتها في هذا الطين الرطب المكون لشواطئ البحيرات . فعلى سبيل المثال يلاحظ أن المناطق التي ترتفع عن مستوى ماء البحيرة - وهي مناطق أرضية جافة عادة - تتميز بوجود كائنات حية دقيقة مختلفة ؛ منها بعض الفطريات المائية ؛ مثل : *S. terrestris* ، و *Saprolegnia littorales* ، 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 - في الوقت نفسه - مواد أخرى صالحة لتغذيتها . إنه توازن غذائي دائم ومستمر .

١ - الفطريات الكيتريدية Chytridiomycetes :

توجد هذه الفطريات على حواف البحيرات ذات الماء العذب أو المالح ، وخاصة في المناطق الضحلة ، وأيضاً في بعض الأماكن التي يكون فيها الماء راكداً . ولقد وجد حوالي ٣٦ نوعاً من الفطريات الكيتريدية ؛ من أهمها الفطر *Phyctorhiza variabilis* الذي ينمو في الماء الضحل ، والفطر *Rhizophlyctis rosea* الذي يعتبر من الفطريات الكيتريدية الأرضية . وهذا يوضح أن الفطريات الكيتريدية - شأنها في ذلك شأن الفطريات السابروالجينية - ليست كلها فطريات مائية ، ولكن يوجد بينها أفراد أرضية المنشأ .

وتوجد عديد من الفطريات الكيتريدية في التربة ؛ فإذا أخذ حوالي ثلاثة جرامات من التربة في طبق بترى يحتوي على بيئة مغذية ، وغمر سطحها بماء معقم ، فإنه بعد ٢ - ٣ أيام من التحضين على حرارة ٢٠م تظهر عديد من هذه الفطريات .

ومن أهم هذه الفطريات ، الفطر *R. rosea* ذو القدرة الكبيرة على تحليل السيليلوز ؛ لذلك تضاف - عادةً - قطع من شرائح السيلوفان في البيئة الغذائية إلى هذا الفطر كمصدر للكربون ؛ وذلك بعد غليانها في الماء فترة تكفي لإزالة مادة plasticizer التي تضاف في صناعة السيلوفان لزيادة ليونته .

ونظراً للتركيب البسيط لهذه الفطريات ، فإن تمييزها عن غيرها من الفطريات البدائية الأخرى يكون صعباً ؛ وهذا بدوره يصعب من دراستها في بيئتها الطبيعية . وتلعب الفطريات الكيتريدية دوراً كبيراً في 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 في السلسلة الغذائية للحيوانات المائية ، فإن مهاجمتها بهذه الفطريات يجعلها ضارة للإنسان بطريقة غير مباشرة . كما تلعب هذه

الفطريات دوراً بيئياً هاماً في تحليل بقايا الطحالب والنباتات والحيوانات البحرية الأخرى .

ويمكن دراسة هذه الفطريات دراسة مباشرة في بيئتها الطبيعية التي تنمو فيها باستعمال الميكروسكوب الضوئي العادي ، وكذلك يمكن دراستها بطريقة المصائد الغذائية باستعمال مواد مختلفة ؛ مثل : حبوب اللقاح ، وسيليلوز أوراق السيلوفان ، وجدل انسلاخ الثعابين ، وأجنحة الحشرات المحتوية على الكيتين ، والشعر المحتوي على الكرياتين .

وتضم الفطريات الكيتريدية بعض الفطريات المتطفلة داخلًا endoparasitic chytrids ؛ حيث أثبتت أولى الدراسات التي أجريت على مثل هذه الفطريات تطفلها على الدياتوم *Asterionella formosa* ؛ الذي يكون مستعمرات تتجمع فيما بينها ؛ مكونة شكلاً شعاعياً يشبه دعامات عجلة الدراجة (شكل ٣ - ٩) .

ويتطفل عديد من أنواع الفطريات الكيتريدية على هذا الدياتوم ؛ مثل فطريات : *Zygorrhizidium affluens* ، و *Rhizophyidium planktonicum* ، و *Z. planktonicum* ، والتي تتشابه فيما بينها في شكلها الخارجي .

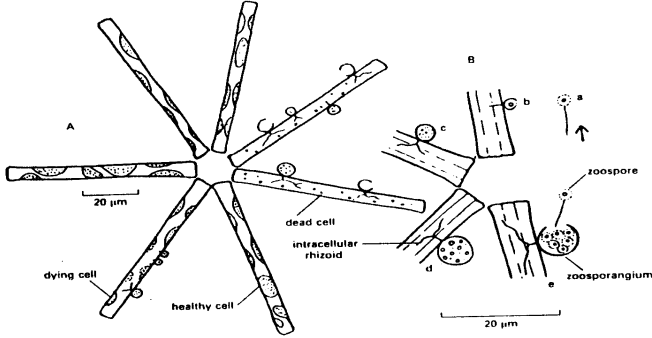
وتتطفل هذه الفطريات داخلًا ؛ حيث يتم ذلك بتكوين جراثيم وحيدة السوط الخلفي تتحرر من الحافظة الجرثومية zoosporangium ، حيث تسبح كل جرثومة بعد تحررها لفترة ما ، ثم تتوصلل خارج خلية العائل (الدياتوم) ، بعد أن تسحب سوطها الوحيد أو تفقده .

وبعد فترة سكون قصيرة ، تنبت الجرثومة حيث يتكون منها أشباه جذور شبه خيطية تهاجم مستعمرة الدياتوم الشعاعية الشكل . وبعد حوالي ٢ - ٣ أيام من العدوى تنتضج الأكياس الأسبورانجية sporangia وتنفصل منها جراثيم وحيدة السوط الخلفي . وتعمل زيادة شدة الضوء على زيادة العدوى ، وقد يرجع ذلك إلى حث الجراثيم وحيدة السوط الخلفي 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 في المستعمرة ؛ ويرجع هذا التأثير - غالباً - إلى عدم قدرة خلايا الدياتوم المصابة على الانقسام بطريقة عادية . وقد

يؤدي الانتشار الوبائي للفطر الممرض إلى نقص تركيز الدياتوم في الطبقة السطحية من مياه البحيرة بعمق حوالي 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 الشعاعي النموذجي ، حيث تظهر أربعة منهم حية ، وواحدة مصابة بالفطر الممرض ، والثين في مرحلة متقدمة من الإصابة .
- B - مستعمرة من الدياتوم السابق مصابة بالفطر الممرض ، وتظهر على أذرع المستعمرة الأيكياس الإسبورانجية للفطر الممرض موضحة دورة الحياة اللاجنسية .

ويمكن أخذ عينة من هذه المياه في المعمل وتخفيفها باستعمال ماء معقم ، مع إضافة حبوب لقاح الصنوبر المعقمة ؛ حيث يمكن - من خلال ذلك - التقدير الكمي لتركيز الجراثيم الهدبية للفطريات الكثريرية في عينة ماء البحيرة . وتتشابه هذه الطريقة مع طريقة العدد الأكثر احتمالا (MPN) Most Probable Number المستعملة في عدد خلايا البكتيريا .

٣ - الفطريات المائية البيضية Aquatic Oomycetes :

لا تنسب هذه الفطريات إلى الفطريات الحقيقية (Eumycota) true fungi التي ينسب إليها الفطريات الزيجية والأسكية والبازيدية ؛ حيث تتكاثر لاجنسياً بتكوين جراثيم هدية ذات هذين مختلفين في الطول والشكل ، أحدهما بهرجاني tinsel أمامي ، والثاني كرباجي whiplash خلفي . وتوضع هذه الفطريات - عادة - في مملكة خاصة تسمى " Kingdom : Heterokonta " مع غيرها من الكائنات المشابهة لها (Dick, 1989) .

ومن أهم الرتب التابعة لهذه الفطريات ما يلي :

أ - رتبة لبتوميتالات Leptomitales :

ويتبعها أكثر من عشرين نوعا من الفطريات المائية المترمة ذات الميسليوم غير المقسم ، التي تتكاثر لاجنسياً بتكوين حوافظ جرثومية ، تتحرر منها جراثيم سباحة ثنائية الأسواط . ويتم التكاثر الجنسي بواسطة تلامس الحوافظ الجاميطية ؛ حيث يحتوي كل عضو تانيث (أوجونة ogonium) على بيضة واحدة محاطة بطبقة سميكة من البرتوبلازم المحيطي periplasm .

وتتمو معظم أفراد هذه الرتبة على المخلفات العضوية النباتية في البيئة المائية ؛ مثل أوراق وأفرع الأشجار والثمار ، وتختلف احتياجاتها البيئية حسب أجناسها . فعلى سبيل المثال تنمو الأجناس *Apodachlya* و *Sapromyces* في الماء العذب الجيد التهوية المحتوى على نسبة كافية من الأكسوجين ، بينما يعتبر الجنس *Aqualinderella* لاهوائى إجباريا ؛ حيث ينمو جيدا في الماء المحتوى على نسبة عالية من ثاني أكسيد الكربون ؛ لذلك يوجد على الثمار المغمورة في ماء أنهار المناطق الاستوائية وتحت

الاستوائية . ويثبط وجود الأكسوجين نمو هذا الفطر ، بينما يشجع نموه زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى نسبة تتراوح بين ٥ ٪ و ٢٠ ٪ .

وينتشر الفطر *Leptomitus lacteus* في مياه الأنهار الملوثة بمخلفات الصرف الصحي 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 في المعمل ، وجد أنه لا يستطيع الاستفادة من السكريات البسيطة - مثل السكروز - كمصدر كربونى ، ولكنه يستطيع النمو على الأحماض العضوية والدهنية التي تتوفر في مياه الصرف الصحي ، بينما لا يمكنه الاستفادة من المصادر النتروجينية غير العضوية . وهو فطر هوائى محب للأكسوجين ، ولكنه يستطيع تحمل غيابه لفترة محدودة .

ب - رتبة سابروليجنيات *Saproteliales* :

تعد هذه الرتبة من أكثر الرتب التي ينتشر أفرادها في الماء العذب ؛ حيث يطلق عليها - عادة - مجموعة فطريات العفن المائية *water moulds* . وتنتشر هذه الفطريات في جميع المسطحات المائية في العالم ؛ حيث تنمو على المخلفات النباتية والحيوانية في الماء العذب ، كما تنمو على الطين ، وتوجد كذلك في 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 .

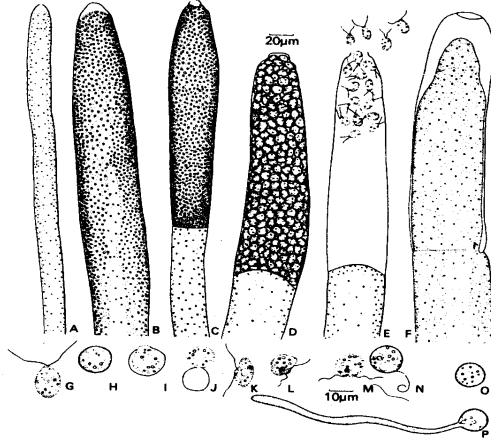
وتختلف طريقة تكوين تلك الحوافظ الجرثومية في هذه الفطريات ، ففي الفطر *Saprolegnia* (شكل ٣ - ١٠) تتكون الحافظة الجديدة من الحاجز القاعدي للحافظة الجرثومية السابقة والتي افرغت محتوياتها من الجراثيم الهدبية ، حيث تعرف الحافظة الجديدة - حينئذ - باسم الحافظة الجرثومية الثانوية secondary zoosporangium .

ويوجد طرازان من الجراثيم السابحة في عائلة السابروولجينييات ، الأول جراثيم سابحة أولية primary zoospores - وهو أول الأطوار المتحركة - ذات شكل كمنثري وتحمل سوطين عند قمتها ، والثاني جراثيم سابحة ثانوية secondary zoospores - ثانياً 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 .

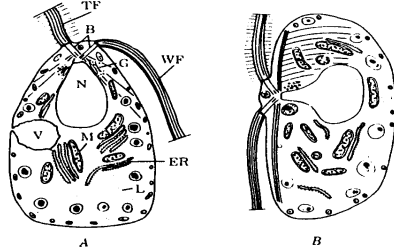
ويظهر هذا الفطر المتطفل *A. astaci* تأقلا واضحا مع عائلة الحيوان القشرى ؛ حيث يفرز كمية كبيرة من الإنزيم المحلل للكييتين chitinase اللازم لإحداث العدوى . وعند اختبار ٢٥ مصدرا كربونيا مختلفا لنمو هذا الفطر فى المعمل ، وجد أن أفضل مصدر كربونى هو الجلوكوز ، وهو سكر دم البحر .

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 يودى - عادة - إلى الإصابة بفطريات العفن المائية ، ويزيد من معدل موت هذه الأسماك . وعند عدوى الأسماك المجروحة من النوع *Platyocillus maculatus* بالجراثيم الهدبية للفطر *Saprolegnia parasitica* تحت ظروف المعمل ، فإنها تودى إلى موت هذه الأسماك خلال ٢٤ ساعة .



شكل (٣ - ١٠) : الكيس الإسبورانجي للفطر *Saprolegnia*.

- A - قمة هيفا جسيديّة .
- B-D - مراحل تكوين الكيس الإسبورانجي المحتوى على جراثيم هديبية .
- zoosporangium .
- E - تحرر الجراثيم الهديبية من الكيس الإسبورانجي .
- F - تكوين كيس إسبورانجي جديد من خلال الكيس الفارغ .
- G - جرتومة 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 هديبية ثانوية) .
- K-M - جراثيم هديبية ثانوية .
- N - جرتومة هديبية ثانوية لحظة تحوصلها ، ويلاحظ فقد الأهداب .
- O - حوصلة ثانوية .
- P - إنبات الحوصلة الثانوية مكونة أنبوب إنبات .



شكل (٣ - ١١) : رسم تخطيطي يوضح قطاع طولى فى جرثومة هديبية أولية (A) وأخرى ثانوية (B) لفطر العفن المانى *Saprolegnia* .
 TF = tinsel flagellum سوط ريشى (بهرجانى) .
 WF = whiplash flagellum سوط كرجاجى .
 N = نواة = M = ميتوكوندريا .
 B = الأجسام القاعدية basal bodies .
 ER = الشبكة الادوبلازمية .
 L = قطيرات زيتية .
 G = جسم جولجى .
 V = فقاعة مائية .

ولقد أثار دور هذا الفطر الممرض للأسماك جدلا علميا طويلا ، وخاصة مسنوليته عن أمراض الجلد الخطيرة لأسماك السلمون الناضجة وسمك التروتة البنى (السمك المرقط) . وتظهر أعراض هذا المرض على شكل قروح ذات فتحات خارجية على جلد الأسماك المصابة . ويعرف هذا المرض فى العالم منذ عام ١٨٦٠ ، وقد زاد انتشاره فى عدة مناطق ، ثم بدأ فى الانحسار تدريجيا 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 الرئيسي لهذا المرض غير معروف ، وقد يكون فيروسا ؛ حيث تبدأ الأعراض على صورة بقع صغيرة ممتدة 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 فصل الشتاء يعود المرض للانتشار ، وتظهر هذه البقع المبتة مرة أخرى .

ولقد لوحظ وجود الفطر *S. parasitica* على هذه البقع المبتة ؛ حيث ينتشر الميسليوم الفطرى ، ويصيب الجهاز العضلى للأسماك المصابة ، ويخترق هذا الميسليوم العضلات إلى عمق كبير ، يصل إلى ١٥ ملليمترًا 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 سوغا 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 ، وأيضاً فتحات الخياشيم والقمم 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 نمواً 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 رمادياً قذراً ، ويؤدى ذلك إلى إصابة عيون الأسماك بالفطر ؛ فتفتقد 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 خارجى قد يؤدى إلى تثبيت هيفات الفطر وانتشارها داخل جسم السمكة .

ويتوقف تقدم المرض على الظروف الخارجية . ففى الأسماك الضعيفة يكون النمو الفطرى سريعاً ، فى حين يحتاج الأمر إلى فترة طويلة - قد تمتد إلى أسابيع - لى تظهر بقعة مبيطة 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 مسبباً رئيسياً لأمراض أسماك الزينة التى يرببها الهواة فى الأحواض الزجاجية ، لذلك يراعى - عادةً - وضع قطع من الأحجار الجيرية فى نواح الحوض لتجنب قلوية الماء ؛ حيث تؤدى زيادة القلوية إلى تآكل الطبقة الهلامية التى تحيط بجسم السمكة ؛ مما يجعلها أكثر عرضة للإصابة بالفطر .

ومن الفطريات الأخرى الممرضة للأسماك والتي تتبع رتبة Saprolegniales الفطر *Branchiomyces spp.* ؛ الذى يهاجم خياشيم الأسماك مسبباً تعفنها ، ويطلق على هذا المرض " Branchiomyces " .

وهناك نوعان من هذا الفطر : الأول *B. sanguinis* الذى يسبب تعفن خياشيم أسماك الكارب والسلمك الذهبى وسمك أبو شوكة والتتنش ؛ حيث يهاجم الفطر الأوعية الدموية بالقوس الخيشومى والخيوط الخيشومية .

أما النوع الثانى من هذا الفطر *B. demigrans* ، فهو يسبب مرض تعفن خياشيم أسماك الكراكي ؛ حيث تظهر أعراض الإصابة على صورة نموات هيفية ذات تفرع شجيرى على خياشيم الأسماك المصابة .

ويسبب الفطران السابقان اختناقاً للأسماك المصابة ؛ مما يجعلها تتوقف عن التغذية، وتطفو بالقرب من سطح الماء . وتظهر على الخياشيم بقع ذات ثقوب وكدمات ، مع تكوين غشاء كاذب على الخياشيم التى تبدو شاحبة اللون . ويرجع اللون الشاحب لخياشيم الأسماك المصابة إلى نمو الهيفات الفطرية داخل الأوعية الدموية للخياشيم ؛ مما يعوق الدورة الدموية ، ويؤدى - فى النهاية - إلى موت الأسماك المصابة .

كما تعمل البكتيريا المائية على تعفن الخياشيم كإصابة ثانوية ؛ مما يجعلها تتآكل ولا يتبقى منها سوى الدعامات الغضروفية . وتزداد الإصابة بالفطر *B. demigrans* صيفاً ، ويساعد تراكم المواد العضوية فى أحواض تربية الأسماك بالمزارع السمكية على اشتداد العدوى .

* طرق عزل الفطريات السابروالجينية :

١ - المصائد الغذائية : تستعمل - عادة - 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 لفترة . ويتوقف نجاح اصطياد الفطر على حركة الجراثيم الهيدبية وانجذابها كيميائياً ناحية المواد المستعملة كقطع .

٢ - طريقة مزرعة الأجار : تضاف عينة من مياه البحيرة أو النهر إلى بيئة أجار الشوفان بعد تعقيمها وتركها تبرد قليلاً . وبعد صبها فى أطباق " بترى " المعقمة ، تقطع بيئة الأجار بعد تصلبها إلى قطع صغيرة ، وتنقل إلى أطباق بترى أخرى تحتوى على ماء معقم . وبعد التحضين لفترة كافية يلاحظ ظهور نموات لهيفات فطرية - وأحياناً أكياساً 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 pimarinic ؛ حيث يهيئ ذلك الفرصة لظهور الفطريات البيضية دون غيرها من الفطريات الأخرى .

٤ - طريقة الطرد المركزي : يؤدي الطرد المركزي لعينة مياه البحيرة إلى تركيز الوحدات الفطرية للفطريات المائية قبل استعمالها في العزل . وتفيد هذه الطريقة عندما يكون تركيز الوحدات الفطرية قليلا في 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 حشيرية 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 السابروليجينية :

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 السابروليجينية 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

الضوئي - يرتفع رقم الحموضة في ماء البحيرة ، وخاصة إن كان محتواها من أملاح البكتريونات قليلا ؛ لذا يجب عدم الاعتماد على قياس رقم حموضة عينة ماء البحيرة دون أن يؤخذ في الحسبان محتواها من الأملاح الذائبة ؛ حيث إن ذلك قد يؤدي إلى نتائج مضللة .

ولقد قسم (Lund 1934) الوسط المائي - من حيث رقم حموضته - إلى خمسة أقسام ؛ هي :

- ١ - وسط مائي عالي الحموضة : ويتراوح رقم حموضته بين ٣,٥ و ٤,٥ ، وهو يناسب بعض الفطريات التابعة لهذه العائلة ؛ مثل : *Saprolegnia delica* ، *S. litoralis* ، و *S. dielina* .
 - ٢ - وسط مائي قليل الحموضة : ويتراوح رقم حموضته بين ٥,٥ و ٦,٨ ، ولا تتشاهد في هذا الوسط أية فطريات بيضية .
 - ٣ - وسط مائي متعادل الحموضة : ويتراوح رقم حموضته بين ٥,٣ و ٧,٥ ؛ وهو يناسب الفطريات : *Dictyuchus sterile* ، و *S. dielina* .
 - ٤ - وسط مائي 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 مائي 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 في مياه البحار ، والتي تصل نسبة الملوحة فيها إلى حوالي ٣,٥ ٪ ؛ وذلك راجع إلى عدم قدرة هذه الفطريات على تحمل نسبة ملوحة تزيد على ٢,٨ ٪ .
- ولقد وجد كثير من الباحثين (مثل Ince & Armstrong 1990) انخفاضا في نسبة إنبات الجراثيم الهدبية وتثبيط نمو ميسليوم هذه الفطريات عند زيادة نسبة الملوحة إلى حوالي ١,٠ ٪ (أي حوالي ثلث تركيز ماء البحر) . وتؤثر هذه الزيادة في ملوحة المياه على معدل التنفس الذي يقل معنوياً ، كما لا يستطيع الفطر التكاثُر جنسياً . ولقد لوحظ عند الفحص الميكروسكوبي لهيئات 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 في أسماك السلمون ؛ حيث تتم الإصابة بالفطر خلال وجود الأسماك في 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 .

ج - رتبة بيرونوسبوريات Peronosporales :

تنتشر أفراد هذه الرتبة كمتطفلات أو مترممات على النباتات أو في التربة ، بينما تتبعها عائلة واحدة ؛ هي Pythiaceae التي توجد أفرادها في بيئة الماء العذب ؛ حيث يمثلها الجنس *Pythium* و *Phytophthora* . ولقد أمكن عزل بعض الأنواع التابعة للجنس *Pythium* من ماء الأنهار ؛ وذلك باستعمال بيئة خاصة تحتوي على السيليلوز وبعض المضادات الحيوية التي لا تؤثر على نمو الفطر ؛ مثال ذلك المضاد الحيوي بيماريسين pimaricin ، و فانكوميسين vancomycin . ولقد تم عزل جراثيم هدمية سابقة للفطريات : *P. fluminum* var. *fluminum* ، و *P. fluminum* var. *uladhum* ، و *flavum* .

٣ - الفطريات الأسكية :

تعتبر الفطريات الأسكية شائعة الانتشار في بيئة المياه العذبة ، بعكس الحال في الفطريات البازيدية . ويلاحظ في حالة الفطريات الأسكية المائية قيام الكيس الأسكي بوظيفة الكيس الأسبورانجي في الماء .

وعلى الرغم من أن بعض أفراد الفطريات الأسكية الأرضية التي - تكون أجساما ثمرية مفتوحة apothecia - فإن حواف الجسم الثمري فيها تكون منتشية إلى أعلى ؛ وذلك لحماية الطبقة الخصيبة من سقوط قطرات المطر ؛ حيث يؤدي بلل الجسم الثمري المفتوح إلى إعاقة انطلاق الجراثيم الأسكية ، إلا أن الفطريات الأسكية المائية (المكونة للأجسام الثمرية المفتوحة) لها ميكانيكية خاصة تسمح لجراثيمها الأسكية بالانطلاق في 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 .

يُبدَى أن هناك أنواعاً أخرى من فطريات الماء العذب الأسكية التى تسبب أضراراً 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 شكلاً يشبه حرف S .

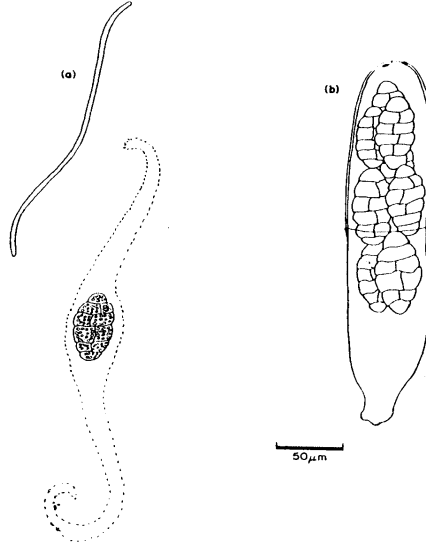
وهناك فطريات أسكية أخرى تكون جراثيم أسكية ذات نهايات مستدقة وقوام جيلاتينى ؛ ومن أمثلة ذلك الفطر *Pleospora scirpicola* (شكل ٣ - ١٣ - b) ؛ الذى يكون غلافاً جيلاتينياً يحيط بالجرثومة الأسكية بعد تحررها من الكيس الأسكى ؛ حيث يتكون تركيب مستطيل ذو نهايات منحنية . ويعتبر هذا التحور من أكثر التحورات شيوعاً فى الفطريات المائية لتتلاءم مع بيئتها .

٤ - الفطريات الناقصة الميضية :

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 وجود الدوامات المائية على نشر جراثيم هذه الفطريات .

كما توجد هذه الفطريات فى البحيرات ، وأيضاً فى البيئة الأرضية حيث تنمو على أوراق وفروع الأشجار المتساقطة الأوراق ، و التى تتساقط أوراقها فى الماء . كما تنمو

هذه الفطريات على النباتات المغمورة في الماء ، وتنمو داخليًا في جذور الأشجار السليمة ؛ مثل : *Salix* ، و *Alnus* ؛ التي تنمو جذورها في الماء .



شكل (٣ - ١٣) : نموذج لأحد الفطريات الأسكية المنتشرة في الماء العذب .
 a - جرثومة أسكية خيطية الشكل Thread-like ascospore ؛ للفطر *Apostemidium guernisaci* .
 b - جرثومة أسكية ذات غلاف جيلاتيني للفطر *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 تحللاً هوائياً ؛ حيث تتحول الورقة الى هيكل 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 في طريقة تكويتها وتحررها ؛ فنجد - على العكس من الفطريات الهيفية الأرضية - أن قليلاً من الفطريات الهيفية المائية يكون كونيديات مغزلية أو بيضية الشكل ، ولكن معظمها يكون كونيديات مستطيلة منحنية دودية الشكل sigmoid ؛ بحيث تتحنى الجرثومة في أكثر من مستوى واحد .

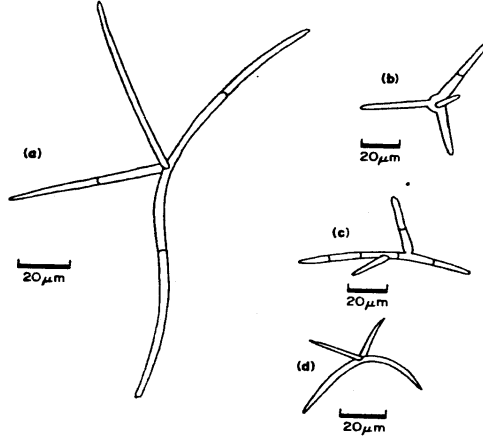
كما تتميز كونيديات هذه الفطريات بتفرعها ؛ حيث يكون التفرع - عادة - رباعياً ، وتتكون أربعة أذرع متباعدة بعضها عن بعض شكل (٣ - ١٤ - a ، b) . وتختلف الكونيديات الرباعية الأذرع tetra-radiate conidia فيما بينها خلال مراحل تكويتها .

وهناك طريقتان أساسيتان لتكوين هذه الكونيديات : الأولى هى الكونيديات الداخلية التكوين phialoconidia ، والثانية هى الكونيديات المنفصلة طرقياً terminal thalloconidia (aleurio conidia) ؛ والتي قد تكون ناتجة عن التبرعم ؛ حيث يطلق عليها اسم " الكونيديات المتبرعمة Blastoconidia " .

وعادة ما يظهر على الحامل الكونيدى كونيدة واحدة ذات أذرع أربعة 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 خلية خاصة ذات شكل قاروى تسمى " القارورة phialide " ، حيث يتم تكوين الكونيدة ، وتصل الى حجمها الكامل قبل خروجها وانفصالها عن الخلية المولدة . وعندما يحدث ذلك تبدأ كونيدة أخرى فى التكون من نفس الخلية السابقة ذات الشكل القاروى شكل (٣ - ١٥ - f ، e) .

وفى حالة الكونيديات المتكونة جسدياً thalloconidia ؛ فإن الكونيدة تتكون عن طريق تكوين جدار يفصل بينها وبين الحامل الكونيدى فى المراحل الأولى من التكوين .

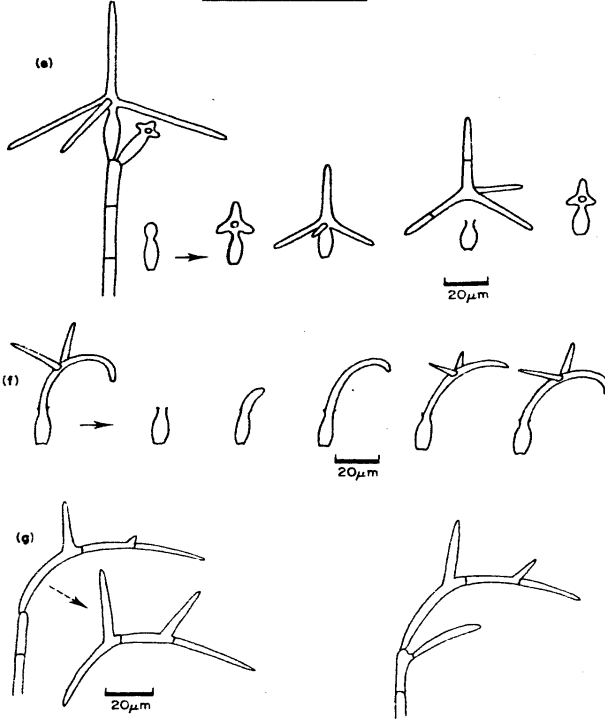


شكل (٣ - ١٤) : كونيديات رباعية الأذرع لبعض الفطريات المائية الهيفية .

a = الجنس *Tetrachaetum* . b = الجنس *Lemonniera* .
c = الجنس *Tricladium* . d = الجنس *Atospora* .

وبعد تحرر هذه الكونيدة ، يكون الحامل كونيدة جديدة في مستوى اخر عن طريق تكوين جدار فاصل (شكل ٣ - ١٥ - g) ، بينما تتكون الكونيديات المتبرعمة blastoconidia عن طريق تبرعم الحامل الكونيدى ؛ حيث يكون خلايا مفردة سن الجوانب ؛ بحيث يصعب تحديد القمة الطرفية للحامل الكونيدى .

ومعظم الفطريات الهيفية الموجودة في الماء العذب عبارة عن أطوار ناقصة لفطريات أسكية وقليل منها بازيدى ؛ إلا أن الأبحاث التى تهتم بعلاقة الأطوار الناقصة anamorphs بالأطوار الكاملة telemorphs للفطريات النامية في بيئة المياه العذبة ما زالت قليلة .



شكل (٣ - ١٥) : تكوين الكونيديات القارورية phialoconidia فى بعض الفطريات المائية .

- الجنس = f *Alatospora* .
- الجنس = c *Lemmoniera* .
- g = تكوين الكونيديات الجسدية thalloconidia فى الجنس *Tricladum* .

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 - عادة - على القروح والأغصان وأوراق الأشجار الطافية على سطح الماء في الأنهار والبحيرات ، وأيضاً على تلك التي يطرحها النهر على شاطئه .

ولا يُظهر الجراثيم الأسكية أو البازيدية لهذه الفطريات أى نوع من أنواع التأقلم مع البيئة المائية ، بعكس الحال في الكونيديات . وربما يرجع ذلك إلى أن هذه الأطوار الكاملة تتكون بعيداً عن البيئة المائية ، ويتم انتشارها بالتيارات الهوائية ، التي تعمل على نشر هذه الجراثيم لمسافات طويلة .

ولقد تركزت البحوث التي أجريت للتعرف على الأطوار الكاملة (الجنسية) للفطريات المائية الهيفية (الناقصة) ؛ على أساس إنبات كونيدية فردية على بيئة غذائية للحصول على نموٍ ميسليوميٍّ لهذا الفطر . وعند تعريض هذا النمو الفطري لبعض الظروف الخاصة - مثل درجة الحرارة المنخفضة (١٠ - ١٥ م) . والأشعة فوق البنفسجية القريبة - فإن ذلك يعمل 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 في بيئةٍ مائيةٍ معقمةٍ ؛ للحصول على الطور الكونيدى (الناقص) لهذا الفطر .

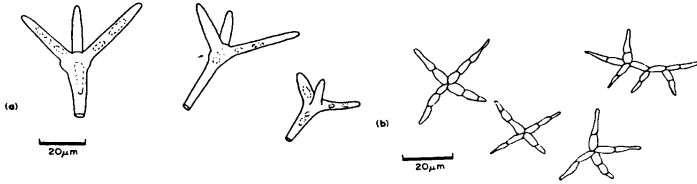
ومن ناحيةٍ أخرى أوضحت مثل هذه الدراسات أن معظم الفطريات الهيفية الناقصة في البيئة المائية لها أطوار أسكية كاملة ، وقليل منها بازيدى . فمثلاً تم حث الفطران المائيان *Flagellospora penicillioidea* ، و *Heliscus lugdunensis* ، على تكوين الطور الجنسى في المعمل ، فتكونت أجسامٌ ثمريةٌ أسكيةٌ دورقيةٌ *perithecia* للجنس *Nectria* ، بينما كوّن الفطر الناقص *Anguillospora crassa* أجساماً ثمريةً أسكيةً دورقيةً للجنس *Mollisia* ، وكوّن الفطر الناقص *A. longissima* أجساماً ثمريةً أسكيةً للجنس *Massarina* .

وبالإضافة إلى ما سبق ؛ فهناك فطريات مائية ناقصة أخرى كونت أطواراً كاملةً لفطرياتٍ بازيديةٍ ؛ حيث تميزت هيفات هذه الفطريات بوجود روابطٍ كلابيةٍ clamp

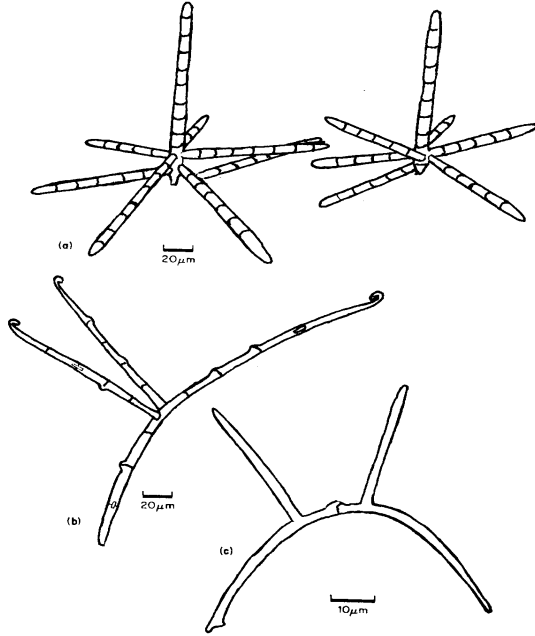
connections ؛ مثال ذلك : الفطر الناقص *Ingoldiella hamata* ذو الكونيديات الرباعية الأذرع .

ولا ينحصر وجود الكونيديات الرباعية الأذرع tetra-radiate conidia فى الفطريات الهيفية المائية فقط ، بل توجد فى عديد من الكائنات الحية الأخرى فى البيئة المائية ؛ مثل الطحلب البنى *Sphaelaria* spp. ، والطحلب الأخضر *Actinastrum hanzschii* ، وبعض الخمائر المائية مثل *Candida aquatica* شكل (٣ - ١٦ - b) .

وتوجد بعض الجراثيم الأسكية لفطريات مائية قاطنة للخشب من العائلة Halosphaeriaceae ذات الشكل الرباعى الأذرع ، مثل : الفطر *Halosphaeria quadricornuta* شكل (٣ - ٢ - a) ، والفطر *Ceriosporopsis calyptate* شكل (٣ - ٢ - c) . بالإضافة إلى بعض الجراثيم البازيدية الرباعية الأذرع للفطر *Digitatispora marina* شكل (٣ - ١ - a) الذى يكون جسما ثمريا قشرى الشكل، والفطر *Nia vibrissa* شكل (٣ - ١ - b) الذى يتبع الفطريات البازيدية المعدية *Gasteromycetes* ؛ حيث يكون جراثيمه البازيدية فى أجسام ثمرية صغيرة الحجم قطرها حوالى ٥ ملليمترات ، ذات شكل كروى ولونها برتقالى إلى بنفسجى . وتعتمد الجراثيم البازيدية فى مادة جيلاتينية، ويتم تحررها بعد تمزق الجسم الثمرى .



شكل (٣ - ١٦ - a) - جراثيم رباعية الأذرع للفطر *Entomophthora* sp. .
 شكل (٣ - ١٦ - b) - مجاميع من الخلايا ثلاثية وعديدة الأذرع للفطر *Candida aquatica* .



شكل (٣ - ١٧) : كونيديات رباعية الأترع 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 الرباعي الأذرع ، الأولى : بطء ترسيب هذه الجراثيم في الماء إذا قورنت بالجراثيم العادية التي لها نفس الوزن ؛ مما يعمل على سهولة انتشار هذه الجراثيم الرباعية الأذرع عن طريق التيارات المائية بطريقة أكفأ ولمسافات أبعد . ففي الكائنات العالقة بالماء planktonic organisms ، يلعب زيادة سطح الكائن الحي بالنسبة إلى وزنه دورا كبيرا في عدم ترسيبه إلى الأعماق ، واستمرار تعلقه بالطبقة السطحية لماء . كما تعمل أذرع الكونيدة على الاستفادة من الدوامات المائية ، مما يساعد على استمرار طفوها وانتشارها .

وتفترض النظرية الثانية قدرة هذه الكونيدات الرباعية الأذرع على التعلق بالأجسام الطافية بعد تحررها ؛ وبذلك تتمكن هذه الكونيدات من الإنبات والنمو في وسط مائي / هوائي . ولقد لوحظ عدم إنبات هذه الكونيدات خلال طفوها على سطح الماء ؛ حيث يمكنها الاحتفاظ بحيويتها لفترة طويلة نسبيا ؛ فمثلا تختلف كونيدات الفطر المائي *Tricladium splendens* والفطر المائي *Articulospora tetracladia* بحيويتها لمدة شهر على درجة حرارة ١٣ م ؛ حيث كان معدل الإنبات في نهاية المدة ٩٤ و ٩١ ٪ على الترتيب .

وهناك مميزات أخرى لهذا الشكل الرباعي الأذرع لمساعدة الكونيدات على الطفو على سطح الماء ؛ حيث تساعد هذه الأذرع على التعلق بفقاعات الهواء الصاعدة إلى أعلى ؛ مما يجعلها موجودة دائما بالقرب من سطح الماء ولا تترسب في القاع . وعلى ذلك تكون الكونيدات ذات الأذرع الطويلة أكثر استفادة من دفع فقاعات الهواء لأعلى إن قورنت بالكونيدات الكروية ذات السطح الأملس .

وتتجمع فقاعات الهواء الصاعدة على سطح الأنهار ؛ حيث تكون - مع المواد العضوية - طبقة من المواد الرغوية الطافية على السطح ، يستركز فيها كونيدات الفطريات المائية الرباعية الأذرع . وفي هذا الوسط المائي / الهوائي تجد الكونيدات بيئة مناسبة للإنبات والنمو ؛ حيث تظل المادة العضوية رطبة دائما ، مع وجود تهوية كافية حولها .

وتتكون الحوامل الكونيدية - وأحيانا الأطوار الجنسية الكاملة - على هذه المواد

العضوية الطافية على سطح النهر ؛ حيث تلعب تيارات الهواء والرياح دوراً كبيراً في نشر هذه الكونيديات والجراثيم الجنسية .

وتنتشر الفطريات الهيفية المائية - خاصة في الأنهار السريعة التدفق - عنها في الأنهار البطيئة ، لأنه كلما زادت سرعة تيار الماء زادت التهوية في 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 التي تثبط التجرثم .

ب - تغذية الفطريات الهيفية :

ليس من المعروف - على وجه الدقة - نوع المركبات التي تقوم الفطريات الهيفية المائية بالتغذية عليها عند نموها على أوراق الأشجار الطافية على سطح الماء . فمثلاً وجد أن هذه الفطريات تفضل السكريات البسيطة في تغذيتها ، وأيضاً يمكنها التغذية على السيلوبوز والنشا ، ولكنها لا تحلل السيليلوز . كما تستعمل هذه الفطريات النترات وأيونات الأمونيوم كمصدر نيتروجيني .

وربما يفسر ما يحدث لأوراق الأشجار بعد تساقطها وطفوها على سطح مياه النهر أنها تُهاجم ببعض فطرية العفن المائية ؛ مثل تلك التابعة لرتبة السابروليجينات *Saprolegniale* ، والتي تستعمل أيونات الأمونيوم كمصدر نيتروجيني ، بينما لا تستطيع استعمال النترات .

وعند تحليل أوراق الأشجار تحت ظروف البيئة المائية، فإن المواد الكربوهيدراتية القابلة للذوبان في الماء سرعان ما تذوب وتُفقد في مياه النهر ، بينما تبقى المركبات المعقدة غير القابلة للذوبان مثل السيليلوز ، والتي يصعب على بعض الفطريات المائية تحليلها . وهناك عديد من الفطريات المائية تستطيع تحليل السيليلوز ؛ مثل الفطر *Heliscus lugdunensis* الذي يسبب عفناً طرياً للأخشاب المغمورة تحت سطح الماء ، وكذلك الفطر *Articulospora tetracladia* .

وفي تجربة لدراسة تحليل أوراق الأشجار بواسطة بعض الفطريات المائية تحت ظروف المعمل ، وجد الباحثان (Suberkrapp & Klug (1981 أن بعض هذه

الفطريات (مثل *Tetracladium marchalianum* و *Lemonniera aquatica*) يمكنها تحليل السيليلوز المضاف إلى بيئة الأجار . وعند نمو هذه الفطريات على ورق الأشجار بعد تعقيمها ، أفرزت إنزيمات محللة للسيليلوز ، ونتج عن هذا التحلل سكريات بسيطة مختزلة .

وفي نهاية التجربة أصبحت أوراق الأشجار المختبرة لينة ، وانفصلت خلايا نسيج البشرة والخلايا البرانشيمية بعضها عن بعض ، وتحللت هذه الأنسجة ولم يتبقى من الورقة سوى هيكلها من العروق . ولقد صاحب هذا التحلل إفراز الفطريات المائية لإنزيمات polygalacturonase و polygalacturonate transeeliminase .

خامسا - فطريات المياه الراكدة Stagnant water fungi :

تتميز بيئة المياه الراكدة بانخفاض نسبة الأكسجين وزيادة ثاني أكسيد الكربون ؛ مما يؤدي إلى تثبيط بعض الفطريات المائية دون الأخرى . وتوجد بعض الفطريات المائية التي تنمو جيدا في المياه الراكدة تحت ظروف قلة التهوية وغياب الأكسجين ؛ ومن أمثلة ذلك الفطران : *Blastocladia ramosa* ، و *Aqualinderella fermentans* .

ويمكن للفطريات السابقة النمو في تركيز من ثاني أكسيد الكربون يصل إلى ٢٠ ٪ ، بينما يثبط هذا التركيز نمو الفطريات المائية الأخرى .

ويعتبر الفطر *A. fermentans* من الفطريات الاستوائية وتحت الاستوائية ؛ حيث يعزل - عادة - من سطح الثمار اللحمية المغمورة في المياه الراكدة الدافئة (٢٨ - ٣٥ م) . كما تنتشر مثل هذه الفطريات تحت المواد العضوية الطافية فوق سطح الماء الراكد ، وخاصة في الطبقة السفلى ؛ حيث يزداد تركيز ثاني أكسيد الكربون .

وتتبع فطريات المياه الراكدة - عادة - رتبة *Leptomitales* ؛ وهي من الرتب غير المعروفة والتابعة للفطريات البيضية . ويوجد تحت هذه الرتبة حوالي ٣٠ نوعا من الفطريات المائية ، والتي لم تدرس بعناية في بيئتها الطبيعية حتى الآن . وتعتبر هذه الأنواع من مترمات المياه العذبة ، وتوجد على الأجزاء النباتية الطافية على سطح الماء الراكد .

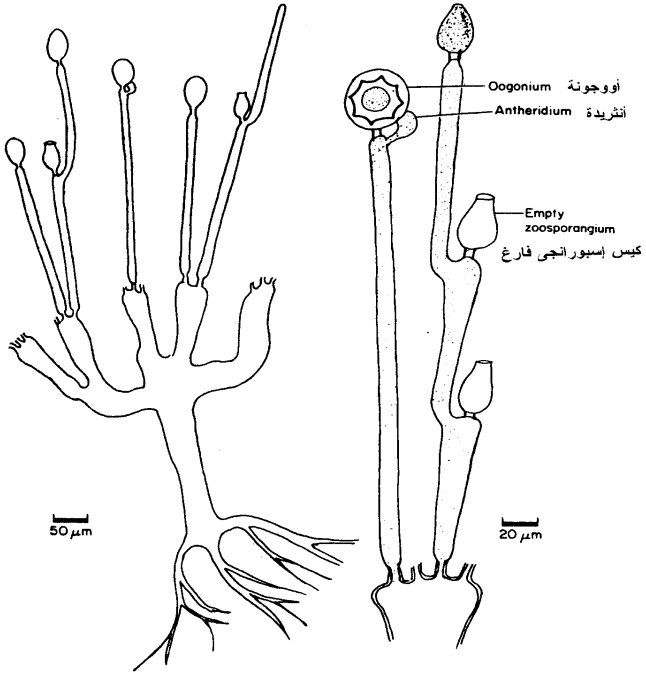
ومن الفطريات التابعة للرتبة السابقة الجنس *Leptomitus* ذو الهيفات الأسطوانية غير المقسمة ، والجنس *Rhipidium* الذى يكون حوامل شجيرية الشكل ذات فروع عريضة يتصل بها من أسفل فروع دقيقة من الهيفات الفطرية . وتحمل قمة الأفرع الطرفية أكياسا إسبورانجية تحتوى على جراثيم هديبية ، وقد تحمل جاميطات مؤنثة شكل (٣ - 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 *Leptomites* ؛ مثال ذلك الفطر *Leptomites lacteus* . ويلاحظ أن هذا الفطر لا يستطيع تمثيل السكريات البسيطة مثل الجلوكوز ، بينما يمكنه تمثيل بعض الأحماض الامينية كمصدر كربونى نيتروجينى وحيد ، مثال ذلك الليوسين *leucine* ، والالانين *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 للأكسجين . ويمكن لهذا الفطر استخدام السكريات البسيطة كالجلوكوز والفراكتوز والمانوز كمصدر كربونى خلال عملية التخمر ، مشابهها فى ذلك بكتيريا *Lactobacillus* .

ولا يسبب وجود الأكسجين أى تأثير على نمو الفطر *A. fermentans* أو على قدرته على تخمير السكريات البسيطة ؛ حيث يفقد هذا الفطر نظام التنفس الهوائى . ولقد أظهر الفحص الميكروسكوبى وجود الميتوكوندريا كجسيمات أثرية مزدوجة الجدار فى بروتوبلازم هيفات الفطر . كما يفقد الفطر نظام السيستوكروم الموجود فى الفطريات الهوائية .



شكل (٣ - ١٨) : الفطر *Rhipidium americanum* معزول من مياه راكدة باستخدام مصيدة شفرة تلاح مغمورة تحت سطح الماء .

ويحتاج الفطر في نموه إلى الليبيدات ، لأن بناءها يتطلب وجود الأكسوجين الجزئي، وأيضاً يحتاج الأحماض الأمينية بالإضافة إلى عديد من الفيتامينات . وقد ترجع قدرة هذا الفطر على التخمر الأجباري إلى ظروف البيئة التي ينمو فيها ، والتي تنفجر إلى الأكسوجين ، بينما يزداد فيها ثاني أكسيد الكربون والمواد العضوية . وفي مثل هذه الظروف البيئية تثبط كثير من الفطريات المائية ، بينما يسود فيها النشاط البكتيري .

سادساً - الدراسات البيئية للفطريات المائية :

عند تساقط أوراق الأشجار المتساقطة الأوراق على سطح نهر أو بحيرة ، تحدث لها مجموعة من التغيرات الطبيعية والكيميائية والميكانيكية والحيوية ، ويمكن تقسيم مراحل تحلل هذه الأوراق إلى ثلاثة أقسام ، وهى :

- ١ - مرحلة ذوبان وخروج المواد القابلة للذابة في ماء البحيرة (leaching) .
- ٢ - مرحلة النمو الميكروبي على سطح الأوراق (microbial, colonization) .
- ٣ - مرحلة تغذية الحيوانات اللافقارية المائية على الأوراق (Invertebrate feeding) .

ويتم في المرحلة الأولى إذابة وخروج المواد القابلة للذوبان في الماء من أوراق الأشجار الطافية على سطح الماء ؛ مثل الكربوهيدرات ، والأحماض الأمينية ، والمركبات الكيماوية ؛ حيث تفقد الورقة حوالى ٢٥ ٪ من وزنها الأصلي خلال ٢٤ - ٤٨ ساعة .

وتتمو على أوراق الأشجار عديد من الفطريات الأرضية ، والتي يطلق عليها اسم " فطريات سطوح الأوراق phyllosphere " خاصة تلك التابعة للأجناس *Cladosporium* ، و *Alternaria* ، و *Epicoccum* ، و *Aureobasidium* ، وغيرها ؛ حيث تبقى هذه الفطريات الأرضية بالبيئة المائية لفترة ، ثم تختفى تدريجياً ويحل محلها الفطريات المائية .

وبمجرد تساقط أوراق الأشجار على سطح مياه النهر أو البحيرة ، تهاجمها وحدات الفطريات المائية ، والتي يصل تركيزها إلى حوالى ألف جرثومة لكل لتر من

الماء . وبعد أسابيع قليلة تصبح الورقة مغطاة - بطريقة عشوائية - بمسبتمرات الفطريات المائية الهيفية .

ويظهر على هذه الأوراق - في 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 في هذه المرحلة المبكرة ٦٣ - ٩٥ ٪ من حجم عشائر الأحياء الدقيقة المشتركة في تحليل أوراق الأشجار ، بينما تلعب البكتيريا المائية دورا محدودا في 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 التشريحي لأوراق الأشجار ؛ مثال ذلك : سمك الكيوتكل ، وطبقة الإبيدرمس ، أو إلى أية صفات تشريحية أخرى ؛ مثل وجود نسيج سكلرانشيمي ، أو أنسجة ملجننة ، وغير ذلك . كما يلعب المحتوى الكيميائي للأوراق دورا في 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 *Alnus glutinosa* - وهو نوع من الأشجار ينمو على شاطئى 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 الإنزيمى .

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 في 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 في 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 في 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 في 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 تخفى 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 في ظهور الأجسام الثمرية للفطريات المائية على أوراق الأشجار الطافية فوق سطح مياه الأنهار ؛ حيث يتحكم في ذلك مجموعة من العوامل ، مثل نوع أوراق الأشجار ، والوقت من السنة الذي يعكس درجات الحرارة السائدة ، وأيضا نوع الجراثيم المنتشرة في مياه النهر خلال ذلك الوقت .

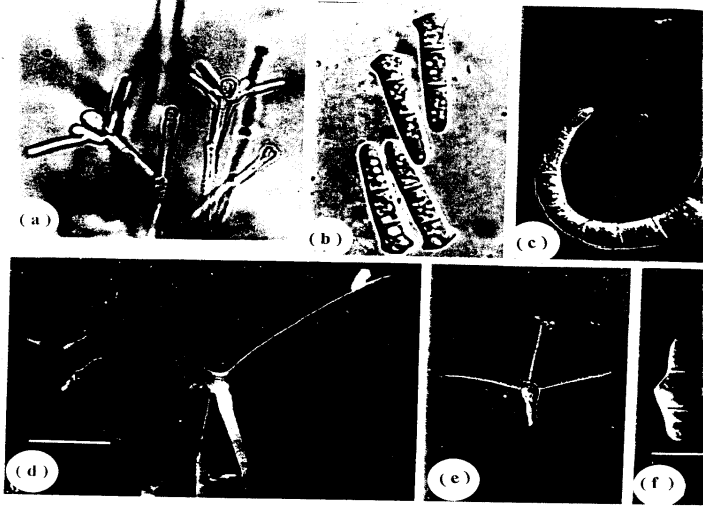
وبالنسبة إلى أوراق الأشجار السريعة التحلل - التي تهضمها الحيوانات اللاقارية مثل أوراق أشجار جار الماء alder - فإنه من الصعب تتابع التغيرات التي تحدث في عشاير الفطريات المائية ؛ إن قورنت بتلك التي تحدث في الأوراق البطيئة التحلل ؛ مثل أوراق شجر البلوط .

ويتتابع ظهور العشاير الفطرية على أوراق الأشجار الطافية على سطح مياه الأنهار فمثلا نظهر 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 monticata* .

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 عشاير فطرية مختلفة ، وسيادة أحد الأنواع الفطرية على سائر الأنواع الأخرى .. هي العوامل المحددة لتوزيع وتتابع هذه الفطريات خلال مراحل تحلل أوراق الأشجار ، وهذه العوامل السابقة تتأثر بعوامل البيئة المحيطة ، والمنافسة بين هذه الفطريات بعضها وبعض .

وفي 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 *Clavartopsis aquatica* ؛ الذي 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 = *Tetracladum marchalianum*

b = *Heliscus lugdunensis*.

c = *Anguillospora crassa*

d = *Lemniera aquatica* (phialides) حامل كونيدي وخليتين مولدتان للكونيديات

e = *Clavariopsis aquatica*.

f = *Tumularia aquatica*.

طول الخط الأبيض في 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 ، وأيضاً إلى إفراز بعض هذه الفطريات لمواد مضادة لنمو غيرها من الفطريات المائية الأخرى . ويظهر هذا التتابع واضحاً على الأجزاء النباتية البطينة التحلل ، بعكس تلك السريعة التحلل .

ولقد درس (Fisher & Anson) (1983) نمو الفطر المائي *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 طورياً أسكياً على صورة أجسام ثمرية ؛ وهو الفطر *Tumularia aquatica* التابع لمجموعة *Loculoascomycetes* .

وعند دراسة قدرة الطور الناقص *M. aquatica* على تثبيط إنبات جرثيم الفطريات المائية الأخرى ونموها ، وجد أنه عند وضع قطعة خشب تحتوى على هذا الفطر على سطح بيئة الأجار المائي ، ينساب منها مواد مثبطة إلى سطح البيئة ؛ تسبب تثبيط إنبات الجرثيم الهدبية للفطر *Tricladium giganteum* ، وأيضاً توقف النمو الميسليومي 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

سابعاً - التوزيع الجغرافى والموسمى للفطريات المائية :

اهتم عديد من الباحثين بدراسة تركيز جرثيم 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 مياه النهر . هذه الجرثيم المضافة - وكذلك الهيفات - لفطريات أرضية تنمو على سطوح الأوراق ؛ مكونة عشيرة فطرية يطلق عليها اسم " فطريات الفيلوسفير " .

وعندما تصل هذه الفطريات إلى الوسط المائى ، فإنها تهاجم بعديد من الحيوانات المائية الأولية ، والتي تعمل على تحليلها وتحليل أنسجة الأوراق نفسها ، ويشارك فى

هذا التحليل الفطريات المائية . ويؤدى ذلك إلى انخفاض أعداد فطريات الفييلوسفير 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 دفى الجو - خلال شهور الصيف - تظهر الفطريات المائية : *Flagellospora penicillioides* ، و *Lumulospora curvula* ، و *Triscelophorus monosporus* ، بينما تظهر تحت ظروف برودة الجو - فى شهور الشتاء - الفطريات المائية : *Flagellospora curvula* ، و *Lemommiera aquatica* .

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 ، و التى تكون درجة حرارتها 22 ± 1 °م طوال العام . وفى مثل هذه الظروف تنتشر بعض الفطريات المائية ؛ مثل : *Triscelophorus monosporus* ، و *Lumulospora curvula* .

وعلى العكس من ذلك ، فهناك أنهار ذات درجة حرارة منخفضة ثابتة فى الشتاء (10 ± 0 °م) ؛ مثل نهر نياكا جوك Njakajokk فى السويد ؛ حيث يغطى 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 : *Lemommiera 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 *Flagellospora penicillioides* ، و *Campylospora chaetoclada* .

كما درس (Chauvet (1991) توزيع جراثيم الفطريات الهيفية المائية فى ٢٧ محطة بشمال غربى فرنسا . ولقد أخذ الباحث عينات من المواد العضوية الطافية فوق

سطح الماء في فترات متباعدة خلال سنة كاملة ، وقد رقم حموضة الماء في كل عينة؛ حيث تراوح بين ٥ و ٨,٥ ، كما تراوحت درجة حرارة الماء بين ٢م و ٢٠م خلال السنة .

وأظهرت نتائج الدراسة السابقة سيطرة بعض المائثر 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 في فصل الخريف ؛ وهذان النوعان هما : *Clavatospora longibrachata* ، و *Tetrachaetum elegans* .

وتوضح الدراسات السابقة - وغيرها - العوامل المحددة لنصام البيئي للنهر ، الذي يتدفق في مساره من مناطق عالية إلى أخرى منخفضة ؛ مخترقاً في مساره مناطق ذات غطاء نباتي مختلف من أشجار متساقطة الأوراق أو دائمة الخضرة . كما تتغير طبيعة مياه النهر وتركيبها الكيميائي ؛ مثل : رقم الحموضة ، ومعدل ذوبان الأملاح ، ونسبة الأكسوجين الذائب والمواد العضوية المغمورة أو الطافية على سطحه ، وكذلك معدل

ومن ناحية أخرى يؤدي مرور النهر خلال الأراضي الزراعية إلى تلوث مياهه بالمخصبات الزراعية أو المبيدات المستخدمة في مقاومة الآفات الزراعية والحشائش الضارة . وأيضاً عند مرور النهر خلال المناطق السكنية أو الصناعية ، فإن ذلك قد يؤدي إلى تلوثه بمخلفات الصرف الصحي أو المخلفات الصناعية ، والتي تؤثر - بطبيعة الحال - على عشائر الفطريات المائية فيه .

ومع زيادة مشاكل تلوث البيئة من حولنا - بصفة عامة - وبخاصة تلوث مياه الأنهار بالمخلفات الصناعية ، تظهر بارقة أمل في إمكان استخدام بعض الكائنات الحية الدقيقة لتطهير الأنهار حيويًا ؛ ففي 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 في ماء النهر ، بعد انخفاضها نتيجة التلوث (شكل ٣ - ٢٠) .

ومن الفطريات التي يمكنها البقاء والنمو والتكاثر في 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 الجزيئي الكبير ، ويستخدمها كمصدر غذائي ؛ مما يقلل من تركيزها في مياه النهر . وعند انتشار هيفات هذا الفطر في مياه النهر ، تزداد قدرته على تحليل هذه المركبات السامة ويقل التلوث ، ويبدأ الفطر في تكوين أجسامه الثمرية ؛ ويعد هذا دليلاً على انخفاض تلوث النهر .

ولقد درس (Barlocher (1992) التغيرات الطبيعية والكيميائية والحيوية على طول النظام النهري ، والتي تؤثر على توزيع وسيادة الكائنات الحية التي تستوطن مياه النهر ومنها الفطريات . ولقد لوحظ سيادة أنواع معينة من الفطريات في كل منطقة من مناطق النظام النهري ؛ وذلك تبعاً لتأثير العوامل التي سبقت الإشارة إليها .

وقدم الباحثون (Thomas et al (1991) نموذجاً رياضياً لوصف ديناميكية جراثيم العشائر الفطرية في جسم ماء النهر المتحرك ؛ حيث ساعد ذلك على حساب نصف عمر العشيرة الفطرية ؛ وذلك بحساب المسافة من النهر التي يصل فيها تركيز جراثيم العشيرة الفطرية إلى النصف . ولقد اختبرت في هذه الدراسة ثلاث فطريات مائية حسب نصف عمرها ؛ وهي : الفطر *Alatospora acuminata* (نصف عمره ٦٩٠ متراً) ، والفطر *Clavariopsis aquatica* (نصف عمره ٧٨٠ متراً) والفطر *Tetrachaetum elegans* (نصف عمره ٨١٠ متراً) .

كما أوضحت نتائج دراسات عديدة من الباحثين صعوبة دراسة تأثير رقم الحموضة pH-value على توزيع ونشاط الفطريات المائية ؛ ويرجع ذلك إلى تداخل تركيز الأيون الهيدروجيني pH ، مع وجود المواد العضوية النباتية والحيوانية في مياه النهر ، وأيضاً على وجود الأملاح المختلفة ودرجة ذوبانها ، خاصة أملاح الكالسيوم والألومنيوم التي يرتبط درجة ذوبانها برقم حموضة الماء .

فعلى سبيل المثال ، عند انخفاض رقم حموضة مياه النهر في منطقة ما إلى أقل من ٥,٥ ، فإن أيونات الألومنيوم تتحرر في الماء ، وتصبح سامة لعدد من الفطريات المائية ؛ وهذا يؤثر - بطريقة غير مباشرة - في العشائر الفطرية ، ويتداخل مع تأثير رقم حموضة ماء النهر عليها .

ومن ناحية أخرى ، يؤثر رقم حموضة مياه النهر على الإنزيمات التى نفرزها الفطريات المائية الهيفية المحللة لأوراق الأشجار والأخشاب الطافية على سطح مياه النهر ؛ مثال ذلك الإنزيمات المحللة للبيكتين . 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 تؤدي زيادة أيونات الكالسيوم فى مياه النهر - وخاصة إن كان رقم حموضتها أكثر من ٦,٥ - إلى زيادة نشاط الإنزيمات المحللة للبيكتين 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 مياه البحر . ولقد درس (Byrne & Jones (1975) إنبات الجراثيم والنمو الميسليومى وتكوين الجراثيم لأنوعين من فطريات الماء العذب ؛ هما *Tetracladium setigerum* ، و *Heliscus lugdunensis* ؛ 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 الهيدبية للفطرين - تحت الدراسة - فى الإنبات والنمو على البيئة المحتوية عليها ماء البحر دون تخفيف (حوالى ٣ ٪ ملح كلوريد صوديوم) ، بينما لم يستطع الفطر *H. lugdunensis* 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 الأكسجين الذائب ، ولكن يقل انتشارها فى المياه الراكدة ، وخاصة تلك المغطاة بطبقة مستديمة من أوراق الأشجار والعوالق الطافية ورغوى الطين ؛ حيث يعمل ذلك كله على جعل الماء أسفله تحسنت

ظروف غير هوائية . كما تتصاعد بعض الغازات العضوية ؛ مثل غاز كبريتور الهيدروجين (H₂S) .

ويتباين مدى تحمل الفطريات الهيفية المائية لمثل هذه الظروف اللاهوائية ؛ فمثلا يفشل النمو الميسليومي للفطر *Articulospora tetracladia* في البقاء على قيد الحياة لأكثر من ثلاثة شهور ، بينما تعيش المستعمرات الفطرية للفطرين *Anguillospora A. tetracladia* ، و *Tricladium splendens* لأكثر من سنة . ويعتبر الفطر *I. splendens* شديد الحساسية لغاز كبريتور الهيدروجين ، بعكس الحال في الفطر *I. splendens* الذي يتحمله .

وقد أثبتت دراسات أخرى عديدة أن بعض الفطريات المائية الهيفية تجد طريقها إلى نباتات أخرى تنمو فيها ؛ مثل سطوح الأوراق ، وحول الجذور ، وفي التربة ، ولكن ليس معنى عزل جراثيم هذه الفطريات من تلك النباتات المختلفة أن هذه الفطريات موجودة بصورة نشطة وفعالة . إلا أن بعض هذه الفطريات تكون أطوارها الكاملة (جراثيم أسكية أو بازيدية) على هذه النباتات 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 اللاقارية المائية التي تهاجم أوراق الأشجار المحللة بفعل الفطريات المائية ، أكثر من مهاجمتها للأوراق غير المحللة ؛ ويرجع السبب في ذلك إلى أن الفطريات المائية تؤثر على أوراق الأشجار - خلال تحللها - طبيعيا وكيميائيا ؛ حيث تبدو أنسجة الأوراق متفككة ولينة نتيجة النشاط التحليلي للإنزيمات الفطرية ، ويطلق على هذه التغيرات الطبيعية والكيميائية لأوراق الأشجار الطافية على سطح الماء بفعل الفطريات اسم " Conditioning " .

كما تعمل الحيوانات المائية الأولية وغيرها من يرقات الحشرات المائية والحيوانات اللاقارية على زيادة تحليل أوراق الأشجار في مياه النهر . وهناك عديد من الأسباب التي تفسر تفضيل الحيوانات المائية اللاقارية للتغذية على أوراق الأشجار التي تنمو عليها الفطريات المائية (الأوراق المكيفة conditioned leaves) عن الأوراق السليمة.

ويعتبر أهم هذه الأسباب عدم قدرة معظم هذه الحيوانات المائية على إفراز الإنزيمات المحللة للمركبات النباتية المعقدة كالسيلولوز واللجنين ، والتي تتحلل بفعل الإنزيمات الفطرية إلى مركبات يسهل لهذه الحيوانات هضمها . وبالإضافة إلى ما سبق ، يلاحظ أن النمو الفطري على أوراق الأشجار الطافية على سطح الماء - الفقيرة غالبا في محتواها من البروتينات والدهون - يعمل على تعويض هذا النقص ؛ نتيجة وجود هذه المواد الهامة في الميسليوم الفطري ، والذي يكون - مع الأنسجة النباتية المتحللة - وجبة متكاملة لهذه الحيوانات المائية اللاقارية .

ولهذه الأسباب السابقة نجد أن نمو الحيوانات المائية اللاقارية على الأوراق المتحللة بفعل الفطريات المائية يتزايد ؛ مما يزيد من نسبة المواد العضوية المتحللة في مياه النهر ، والتي تصبح في متناول الكائنات المائية الأخرى كالأسمك ، حيث تصبح الأخيرة غذاء للإنسان بعد ذلك .

ثامنا - المراجع References :

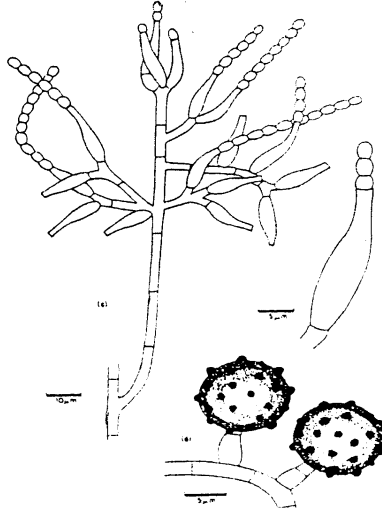
- Barlocher, F. (1992) . Recent developments in stream ecology in their relevance to aquatic mycology of aquatic hyphomycetes. (ed. F. Barlocher) . Springer-Verlag. Berlin. pp. 6 - 37 .
- Barghoom, E. S. and D. H. Linder (1944) . Marine fungi-their taxonomy and biology. Farlowia Journal of Cryptogamic Botany. 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 British 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 British mycological Society. 65 : 185 - 200 .
- Boyd, P. E. and J. Kohlmeier (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 zoospores of the chytrid *Rhizophydium planktonicum* 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 emend. 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 South-Western France. *Journal of Biogeography*, 18 : 699 - 706 .
- Clipson, N. J. W. and D. H. Jennigs (1992) . *Dendryphiella salina* and *Debaromyces hansenii* . models for ecophysiological adaptation 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) . Phylum 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. Webster (1995) . *Fungal ecology* (Chapman & Hall Pub.) Cambridge England .
- Doguet, G. (1964) . Influence de la temperature et de la salinite sur la croissance et la fertilité du *Digitatespora marina* Dogute. *Bulletin de la Societe Francaise de Physiologie Vegetale*, 10 : 285 - 292 .
- Downman, 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 (*Ocostaspora apilongissima*). *Mycologist*, 8 (3) : 105 - 106 .
- Hudson, H. J. (1986) . *Fungal biology*, 4-Fungi as inhabitant of aquatic environments. pp. 110 - 145 - (Edward Arnold Pub.) London, England .
- Lughes, G. C. (1974) . Geographical distribution of the higher marine fungi. *Veroffentlichungen des Instituts fur Meeresforschung 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 manglicola* gen. et sp. no. and key to the marine Loculoascomycetes on mangroves. Canadian 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. Volkman - 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 Phycomyces and notes on their occurrence. Kongelige Danske Videnskaberens 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 ascomycete species. Canadian Journal of Botany. 43 : 379 - 392 .
- Park. D. (1972) . Methods of detecting fungi in organic detritus in water. Transaction of the British 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) . Factors 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* (Aphyllporales) 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 dekker. 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 habitats. Mycologia. 80 : 31 - 37 .
- Smith. S. N. ; E. Ince and R. A. Armstrong (1990) . Effect of osmotic and matrix 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. Hughes and T. Bisalputra (1979) . A new interpretation of the interjauial zoome between *Spathulospora* (Ascomycetes) and *Ballia* (Fluoridea phyceae) . Trans. Br. mycol. Soc., 73 : 193 - 206

الباب الرابع



الفطريات الأرضية



الباب الرابع الفطريات الأرضية

Terrestrial Fungi

أولاً . نشأة الفطريات الأرضية :

ظهرت اليابسة متكونة من أحجار بركانية مع بداية نشأة الأرض ، وكان أول ظهورها من ناحية القطب الشمالي ، حيث كان سطحها - حينذاك - يشابه سطح القمر كما نراه الآن .

ولقد أطلق على اليابسة في هذه المرحلة اسم النطاق الصخري Litho-Ecosphere تمييزاً لها عن النطاق المائي Hydro-Ecosphere الذي كان يتكون من محيط واحد عظيم الاتساع يشغل حوالى ثلثى كوكبنا الذى نعيش عليه .

ويتكون النطاق الصخري 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 الكواتز 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 رسوبياً متكوناً من رمال الكوارتز ، بينما يتكون الطفل shale من صلصال أو

طين . ومن الصخور الرسوبية الأخرى الحجر الجيري lime stone والدولوميت dolomite .

وتختلف الصخور الرسوبية فيما بينها من ناحية محتوياتها الكيميائية طبقاً لنوع الصخر الأصلي (البركاني) الذى تكونت منه ، كما يمكن لهذه الصخور الرسوبية أن تتعرض هي الأخرى إلى عوامل التعرية - شأنها في ذلك شأن الصخور البركانية - ؛ حيث يودى ذلك إلى تكوين كتل صخرية صغيرة rock rubble تستمر في 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 للضغط العالية والحرارة المرتفعة ، حيث يودى ذلك إلى تغير هذه الصخور في صفاتها الطبيعية . فعلى سبيل المثال ، يتحول صخر النابيس - وهو صخر صوانى يتكون من بلورات صغيرة - إلى صخر الشبست - وهو صخر متبلور سهل الانفلاق إلى طبقات - ، ويتحول الصخر الرملى إلى صخر الجوارتزيت quartzite ، ويتحول الطفل الصفاحى shale إلى حجر الادرز slate ، بينما يتحول الحجر الجيري 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 في المحيط الأعظم عند بدء الخليقة ، والتي تقاذفتها الأمواج إلى شواطئ اليابسة في ذلك العصر السحيق .

ويعتقد أنه مرت ملايين السنين حتى استطاعت هذه الأحياء الدقيقة التأقلم على بيئة المياه الضحلة بالقرب من شواطئ المحيط الأعظم ، وفي خلجان المياه الضحلـ

النتيجة 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 ، في بداية عهدها للنمو على اليابسة .

وعلى طول شواطئ المحيط الأعظم الصخرية ، وطلت أعداد وفيرة من عشائر السيانوباكتريا cyanobacteria والطحالب والفطريات الأولية نفسها على النمو والتكاثر في هذه البيئة الصعبة . واستمرت هذه الأحياء الدقيقة في التقدم لغزو اليابسة على طول ساحل المحيط الأعظم ، يساعدها على ذلك حركة الأمواج ، وطرشة الماء، وسقوط الأمطار .

ولقد وجدت العديد من عشائر هذه الأحياء الدقيقة على سطوح الصخور الأرضية، وفي الفوالق والشقوق بين الصخور - خاصة تلك التي يتجمع فيها الماء - وأيضاً على الحبيبات المفككة التي كونت التربة فيما بعد ، بيئة مناسبة لها ، استطاعت خلالها إذابة أملاح السليكات وغيرها من الأملاح المكونة لهذه الصخور ، عن طريق إفراز أحماض عضوية ومواد مخرقة (Silverman & Munoz, 1970) .

وعاشت هذه الأحياء الدقيقة في عشائر متداخلة ، استطاع بعضها الاستفادة من ضوء الشمس عن طريق الصبغات الأولية الممثلة للضوء ، بينما عاش البعض الآخر مستفيداً أو متعايشاً ، وفي بعض الأحيان متطفلاً على هذه الكائنات الأولية الذاتية التغذية .

وأدى هذا السلوك التعاوني بين الأحياء الدقيقة بعضها وبعض - ومنها الفطريات بطبيعة الحال - من توطيد نفسها على الحياة في هذه البيئة الأرضية الجديدة . كما لعبت الأمطار دوراً هاماً في استمرار وجود وانتشار الأحياء الدقيقة على اليابسة ، بل وتطورها إلى نباتات أكثر رقيماً وأعدت تركيباً ، وكان انتشار هذه الفطريات - حينذاك - مولداً 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 التي زاد نموها في تربة الأرض زيادة كبيرة بالمقارنة بعشيرة الفطريات في البيئة المائية (Mishustin, 1975)

واستطاعت الأحياء الدقيقة غير ذاتية التغذية heterotrophic microorganisms إعادة التوازن الغذائي على سطح الأرض ، محللة المواد العضوية المعقدة من مختلف مصادرها إلى مواد أولية بسيطة يسهل امتصاصها بواسطة الأحياء الأخرى .

ومن الصعب تحديد العوامل التي ساعدت الفطريات الأرضية للتأقلم على بيئة اليابسة الصعبة . ونظرا لتنوع بيئة اليابسة تنوعا لا حدود له ، فإن تأقلم هذه الفطريات مع الحياة في مختلف البيئات الأرضية لابد وأنه قد سلك دروبا مختلفة لكى يتوائم كل فطر مع الحياة والنشاط في موطنه .

ثانيا - عشائر الفطريات الأرضية :

تعتبر التربة ذات المحتوى العضوى بيئة صالحة لنمو عديد من العشائر الفطرية ، حيث يتداخل نمو هذه الفطريات مع غيرها من عشائر الأحياء الدقيقة الأخرى ؛ مثل البكتيريا والطحالب والحيوانات الصغيرة .

وينتشر ميسليوم عشائر هذه الفطريات على شكل شبكة من الخيوط الهيفية التى تتخلل حبيبات التربة ، حيث يعمل ذلك على ربط هذه الحبيبات بعضها ببعض ، وكذلك على تكوين بناء جيد للتربة يصلح لنمو النباتات (Lynch & Bragg, 1985) . ويظهر ذلك بوضوح عند فحص عشائر الفطريات ميكروسكوبيا باستخدام الشرائح الزجاجية المدفونة buried slids . ولقد أوضحت مثل هذه الدراسات أن الجرام الواحد من التربة الخصبة يحتوى على عدة مئات من أمتار الهيفات الفطرية (Elmholt & Kjoller, 1987) ، وهذا يعنى أن طول الهيفات الفطرية فى فدان واحد من الأرض الخصبة (بعمق ١٥ سننيمتر) قد يصل إلى حوالى ١٠٠ مليون كيلو متر !.

ولقد قسم Winogradsky (1924) عشائر الفطريات الأرضية إلى ما يلى :

١ - الفطريات المحللة للمواد العضوية المعقدة ببطء ولكن بصورة مستمرة ، ويطلق على هذه الفطريات autochthonous fungi .

٢ - الفطريات التي تنمو على مواد بسيطة سهلة الامتصاص ، حيث تنشيط 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 التي تنمو في التربة بصفة مؤقتة (غازيات التربة *exochthonous fungi*) والتي 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 في الطبيعة . كما أن تأقلم هذه الفطريات للنمو في مختلف ظروف اليابسة جعلها تتطور تبعا لنوع البيئة التي تنمو فيها .

فعلى سبيل المثال ، تنمو على أوراق الأشجار وفروعها الميتة المتساقطة على سطح الأرض فطريات محللة للسيليلوز واللجنين ، كما تنمو في الأراضي ذات رقم الحموضة المرتفع أو المنخفض فطريات تتحمل ذلك . وتعيش في المناطق القطبية بعض الفطريات في التربة التي تتعرض للتجمد معظم شهور السنة ، حيث تنمو الفطريات المتحملة للبرودة والمحبة لها ؛ وكذلك في المناطق الصحراوية ذات المناخ الجاف الحار ؛ حيث تنمو في تربتها عشائر الفطريات المتحملة للجفاف والحرارة العالية .

وبصفة عامة ، تعيش العشائر الفطرية بصورة حرة في التربة ، متغذية على المواد العضوية ، أو قد تكون متعايشة في علاقة ميكوريزا مع جذور النباتات . وتوجد الفطريات عادة في الطبقة السطحية من التربة ، بعمق حوالي عشرة سنتيمترات ، بينما نادرا ما توجد لأعمق من ٣٠ سنتيمترا . ويزداد الانتشار الرأسى للفطريات في الأراضي 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 التي تستوطن التربة ، خاصة فطريات عيش الغراب من الأجناس *Agaricus* ، و *Amanita* ، و *Coprimus* ، 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 *Rhizoclonia 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 وأخريين Ahmed et al., 1994) .

وبالإضافة إلى الفطريات السابقة ، تنتشر فى التربة فطريات أخرى أقل رقيماً ، مثال ذلك تلك الأنواع التابعة للفطريات الزيجية من الأجناس *Rhizopus* ، *Mucor* ، و *Allomyces* ، وأيضاً 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 شيوعاً ، 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 - 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 يؤدي غياب المواد الغذائية المناسبة لتغذية الفطر إلى سكونه وتوقفه عن النشاط ، وقد يكون خلال هذه الفترة تراكيب فطرية ساكنة متخصصة Specialized dormant structures .

وتختلف التراكيب الفطرية السابقة فيما بينها تبعاً لنوع الفطر ، وقد يكون 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 الفطري 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 (Lockwood, 1977) soil fungistasis .

ولقد شوهدت مثل هذه التأثيرات المثبطة لنشاط الفطريات فى جميع أنواع الأراضي ، فيما عدا المناطق العميقة من التربة التى يقل فيها تركيز الأحياء الدقيقة ، وكذلك الأراضي الزائدة الحموضة أو الشديدة البرودة . وتزداد ظاهرة تثبيط النشاط الفطري 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 - 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 وجود المادة العضوية ، حيث تزداد هذه العشائر الفطرية فى العدد والتنوع على المخلفات النباتية المتحللة فى الطبقة العليا من التربة ، بينما تقل هذه العشائر فى الطبقات السفلى .

وتسود عشائر الفطريات قاطنة الأوراق leaf-inhabiting fungi سطح التربة ؛ وذلك خلال فصل الخريف ، عندما تتساقط أوراق الأشجار ؛ بينما تستمر الفطريات قاطنة التربة فى الطبقات السفلى التى تقل فيها المادة العضوية ، مثال ذلك الأنواع 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 من الجذور كمصدر رئيسى للكربون .

وفى عمق التربة ، يقل عدد ونوع الفطريات بدرجة كبيرة ، وقد يرجع ذلك إلى قلة التهوية ، وإلى تكوين غازات مثبطة لنمو هذه الفطريات . إلا أن هناك أنواعا محدودة من الفطريات يزداد عددها بزيادة عمق التربة ، خاصة بعض الفطريات الناقصة (Bisset & Parkinson, 1979) . وفى الأراضى غير المنزرعة، يلاحظ أن الفطريات الناقصة تمثل أكثر من نصف العدد الكلى للفطريات المعزولة من الطبقة السفلى من التربة (Sewell, 1959) .

كما وجد أن نسبة كبيرة من ميسليوم الفطريات الموجودة فى الطبقة السفلى من التربة يكون ميتا . وفى تجربة قام بها الباحثان (Nagel-de Boois & Jansen (1971) تمت دراسة النشاط الفطرى فى تربة مخلوطة بخشب البلوط فى هولندا على أعماق مختلفة بالمقارنة بتربة غير مخلوطة .

وأظهرت نتائج الدراسة السابقة ، أنه بعد ثلاثة أسابيع من المعاملة كان أعلى مستوى للعشائر الفطرية فى الطبقة السطحية المغطاة بالأوراق الخام ، وأيضا فى الطبقة التالية لها ، والتي تتميز بقلة التهوية ، حيث نشطت فيها فطريات التخمر التى تعمل على تخمر المواد العضوية بها ، حيث يطلق على هذه الطبقة fermentation layer .

ووجد الباحثان السابقان أيضا ، 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 التي يكونها الفطر - من هيفاته وتراكيبه الفطرية الأخرى لكل جرام تربة أو مادة عضوية متحللة - إلى أقصى حد لها ، وذلك عند نموه في طبقة المواد العضوية المتحللة . وتشمل هذه الكتلة الحيوية للفطر على نسبة عالية من الميسليوم الميت ، والتي قد تصل إلى حوالي 90٪ من جملة الهيفات الفطرية المتكونة في 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 في التربة هي عوامل التربة نفسها ؛ مثل التهوية وكتنات التربة الدقيقة الأخرى .

ولقد حصل (Frankland (1975 على نتائج مشابهة من دراسته لنشاط عشائر الفطريات في تربة الغابات متساقطة الأوراق في لانكشير بإنجلترا خلال شهر يوليو . وأظهرت النتائج زيادة الكتلة الحيوية لميسليوم الفطريات في الطبقة السطحية من التربة، بينما كانت أقل ما يمكن في الطبقة السفلى والتي تميزت بانخفاض نسبة الهيفات الحية بدرجة كبيرة بالمقارنة بالطبقة العليا من التربة .

وتختلف عشائر الفطريات اختلافا واسعا باختلاف البيئات المناخية التي تتواجد فيها، وأيضا باختلاف الكساء النباتي في مثل هذه المناطق المناخية وما يتبعه من تغير النظام البيئي ecosystem بصفة عامة .

فعلى سبيل المثال ، وجد (Christensen (1981 انتشار أنواع من الفطريات التابعة للأجناس *Fusarium* و *Papulaspora* و *Humicola* في الأراضي العشبية ذات المناخ المعتدل ، بينما يعتبر الفطر *Paecilomyces carneus* وبعض الأنواع التابعة للجنس *Oidiiodendron* من الفطريات المميزة لتربة الغابات . وأيضا وجد أن الأنواع القاطنة لتربة الأراضي العشبية من الجنس *Mortierella* تختلف عن الأنواع المنتشرة في تربة الغابات .

وعلى الرغم من أن تساقط الأوراق على سطح التربة يعمل على زيادة المادة العضوية التي تحللها الفطريات ، وإنتاج أحماض عضوية تخفض من رقم حموضة

التربة ، إلا أن ذلك يعمل على زيادة أنواع معينة من الجنس *Penicillium* في تربة الغابات تختلف عن تلك الأنواع النامية في الأراضي العشبية .

ليس هذا فحسب ، بل تؤثر أنواع الأشجار السائدة في الغابات في تحديد عشائر الفطريات التي تنمو على أوراقها المتساقطة وفروعها الميتة على الأرض . ويمكن ملاحظة ذلك في غابات الأشجار المخروطية ، والأخرى ذات الأشجار الدائمة الخضرة أو المتساقطة الأوراق .

وفي المنطقة القطبية الشمالية ، يكون ميسليوم الفطريات القاطنة للتربة عشيرة ضخمة من الهيفات ، تتبع عادة أنواعاً مختلفة من الجنسين *Chrysosporium* و *Tolypocladium* .

ويمكن للفطريات السابقة التواجد في أراضي المناطق المعتدلة ، التي تمر بظروف مناخية باردة رطبة ؛ كما هي الحال في إنجلترا (Widden, 1987) ، بينما تسود فطريات أخرى - تتبع غالباً الجنس *Aspergillus* - الأراضي العشبية في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية (Christensen, 1981) .

وتنتشر بعض فطريات التربة في أراضي عديد من المناطق المناخية المتباينة ، بينما هناك أنواع يتحدد وجودها في مناطق مناخية بذاتها دون غيرها . كما يُظهر العشائر الفطرية القاطنة للتربة اختلافات موسمية في انتشارها ونشاطها ، مثال ذلك الفطريات التي تنشط أنواعها خلال فصل الصيف *summer species* ، والأنواع الأخرى الشتوية *winter species* .

ومن أمثلة ذلك ، انتشار الفطر *Trichoderma polysporum* في تربة الغابات الصنوبرية بكندا خلال فصل الخريف والشتاء ، بينما ينتشر الفطر *T. viride* في فصل الربيع ، والفطر *T. koningii* خلال فصل الصيف في نفس الغابة (Widden & Abitol, 1980) .

وبصفة عامة ، تميل العشائر الفطرية التي تنتشر في التربة خلال فصل الشتاء والربيع إلى الاختلاف عن تلك المنتشرة في التربة خلال فصل الصيف والخريف ، حيث قد يكون ذلك راجعاً إلى عدم قدرتها على منافسة غيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى الموجودة في التربة ، والتي يرتبط نشاطها بالظروف الجوية السائدة (Widden, 1986) .

خامساً - 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 صخرًا صمًا 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 ، وأيضًا 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 الذاتية فى الماء لنفسها ولغيرها من الأحياء من حولها ، بالإضافة إلى انطلاق غاز ثانى أكسيد الكربون ، الذى يعوض استهلاكه المستمر خلال عملية التمثيل الضوئى التى تقوم بها النباتات الخضراء ، ولولا نشاط الفطريات لثم 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 ، وأيضًا مع جذور النباتات سواء أكانت بريّة أم اقتصادية ، حولية أم معمرة ، عشبية أم شجرية . وتلعب ظروف التربة ونوعها وطبيعة تركيبها ، وكذلك الظروف الجوية السائدة ، دورًا فعالًا فى تحديد نشاط هذه الفطريات وعلاقتها بالأحياء الأخرى حولها .

سادساً - الفطريات الأرضية المتحملة للحرارة والبرودة :

تعتبر معظم الفطريات محبة للحرارة المعتدلة mesophiles ؛ حيث تنمو على

مدى حرارى يتراوح بين ٥م إلى ٣٠م ، إلا أن درجة الحرارة المثلى للنمو الفطرى تتحصر فى نطاق أضيق ، يتراوح بين ٢٥م و ٣٠م .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن بعض الفطريات يمكنها النمو جيدا خارج الحدود المثلى السابقة ؛ فبعضها يتحمل البرودة psychrotolerant ؛ حيث تنمو هيفاتها عند درجة الصفر المتوى أو بالقرب منها . وعلى العكس من ذلك ، فهناك فطريات أخرى تتحمل درجات الحرارة العالية thermotolerant ؛ حيث تنمو هيفاتها على درجات حرارة أعلى من ٤٠م .

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 ٢٠م . ومن ناحية أخرى فإن هناك فطريات 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 إلى :

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 السباح 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 عديد من عشائر الفطريات القاطنة التربة ، وأيضاً النامية على سطوح الأوراق (الفيلوسفير) . وعندما ترتفع درجة حرارة الكومبوست - خلال عمليات التخمر الميكروبي - تزداد

اعداد انواع الفطريات المتحملة للحرارة ، حتى تصبح سائدة على غيرها من عشائر الفطريات الأخرى .

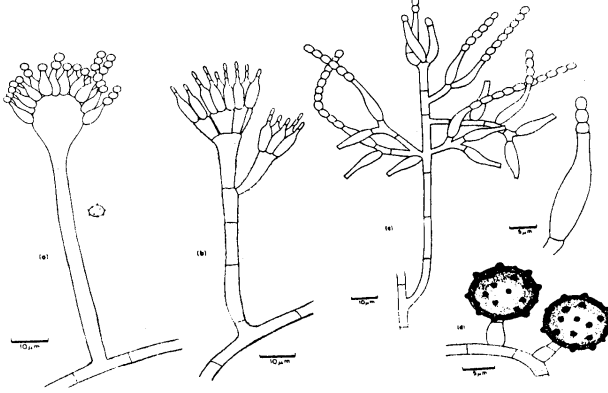
وقد تستمر هذه الحرارة العالية لفترة طويلة في مركز الكومة ؛ حيث يتوقف ذلك على حجم هذه الكومة . ومع الوقت تنخفض درجة الحرارة تدريجيًا عندما يقل نشاط ميكروبات التحلل ، وعندئذ تعود الفطريات المحبة لدرجة الحرارة المعتدلة إلى النشاط مرة أخرى ، ويقل نشاط الفطريات المحبة للحرارة العالية ، وقد يتوقف نشاط بعضها .

وتُظهر الفطريات المتحملة للحرارة العالية مدى واسعاً من السلوك الفسيولوجي ؛ وذلك تبعاً لقدرتها على تحليل المركبات النباتية المعقدة . وبعض هذه الفطريات يمكنها تحليل السيليلوز النقي مائياً في المزرعة النقية، وخاصة الفطريات *Chaetomium thermophile* ، و *Aspergillus fumigatus* ، و *Humicola insolens* بالإضافة إلى عديد من الفطريات المحللة لمادة كربوكسي ميثيل سليولوز CMC و زيلا ن Xylan قش القمح و الأرابينوزيلا ن (arabino-xylan) (Chang , 1967) و Flannigan & Sellars , 1972) .

وتظهر القابلية للتحليل المائي للهيميسيليلوز بين الفطريات بصفة عامة أكثر من قابليتها للتحليل المائي للسيليلوز ، إلا أن هناك قليلاً من الفطريات يمكنها تحليل اللجنين بدرجة ضعيفة ؛ مثال ذلك الفطر الأسكى *Talaromyces thermophilus* ؛ وهو الطور الكامل للفطر *Penicillium dupontii* (Jain et al., 1979) .

وهناك فطريات أخرى محللة للجنين ؛ وذلك فهي تسبب أغاناً طرية للخشب ؛ مثال ذلك الفطريات *Paecilomyces* و *Thielavia terrestris* و *Allescheria* spp. (Eslay et al., 1975) . كما يعتبر الفطر *Phanerochaeta chrysosporium* من الفطريات المتحملة للحرارة العالية ؛ حيث يقوم بتحليل اللجنين الداخلى 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 الكونيدية والكونيديات القارورية phialoconidia للفطر *Aspergillus fumigatus*
- b - الحوامل الكونيدية والكونيديات القارورية للفطر *Penicillium emersonii* ، وهو الطور الناقص للفطر الأسكى *Talaromyces emersonii*
- c - الحوامل الكونيدية والكونيديات القارورية للفطر *Paecilomyces crustaceus* ، وهو الطور الناقص للفطر الأسكى *Thermoascus crustaceus*
- d - كونيديات مغلفة الجدر aleuriconidia للفطر *Thermomyces lanuginosus*

وعلى الرغم من أن الفطر *Rhizomucor pusillus* من الفطريات المتحملة للحرارة العالية ، إلا أنه يختفى من قش القمح مبكراً في المراحل الأولى من تجهيز الكومبوست ، ولا يُعزى ذلك إلى ارتفاع الحرارة ، حيث إنه يتحملها ، ولكن يعزى إلى أنه من الفطريات التي تفضل النمو على السكريات البسيطة ، والتي سرعان ما تُستهلك بفعل نشاط الأحياء الدقيقة داخل كومة الكومبوست عند إعدادها .

وتعتبر الفطريات المتحملة للحرارة العالية - والتي تنمو على الكومبوست - شائعة الانتشار في البيئات الدافئة ؛ حيث تتراكم المخلفات العضوية المختلفة ؛ سواء المستخدمة في زراعة عيش الغراب ، أم تلك التي تجهز بغرض استعمالها كسماد عضوي .

ويلعب النشاط الذي تقوم به الفطريات المتحملة للحرارة العالية دوراً كبيراً في التحليل الجزئي لهذه المخلفات العضوية ؛ وذلك عند تجهيز الكومبوست المستخدم في زراعة عيش الغراب العادي ؛ حيث يساعد ارتفاع الحرارة على تشجيع التحلل الجزئي ، كما يعمل على تعقيم هذا الكومبوست جزئياً .

وعندما ينتهي 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؛ فتتنمو سريعاً بأقل قدر من المنافسة التي 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) .

وأيضاً تسبب بعض الفطريات المتحملة للحرارة المرتفعة أمراضاً للحيوانات ، كما أن بعضها يسبب أضراراً لصحة الإنسان ، وخاصة للعمال الزراعيين العاملين في الحقول والمنتجات الزراعية الملوثة بالفطريات *Rhizomucor pusillus* ، و *Aspergillus fumigatus* (Lacey, 1975) .

وفي المناطق الاستوائية ، تسبب بعض الفطريات المتحملة للحرارة تدهورا لمحصول الفول السوداني ولزيت النخيل ؛ حيث تفرز هذه الفطريات إنزيمات محللة للزيوت fungal lipases تعمل على تشجيع أكسدة الزيوت إلى أحماض دهنية .

وتنتشر الفطريات المتحملة للحرارة العالية في تربة المناطق المعتدلة ؛ حيث تنمو في المواسم الدافئة . ولقد عُزلت عديد من أنواع هذه الفطريات في إنجلترا ؛ حيث ترتفع حرارة التربة إلى أعلى من ٢٠م في الصيف . ومن ناحية أخرى لا يوجد دليل على زيادة انتشار الفطريات المحبة للحرارة العالية عن تلك المحبة للحرارة المعتدلة في 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 التي تحتوي على نسبة عالية من المواد السيليلوزية - مثل نفايات الورق ، ومخلفات النباتات - بالفطريات المتحملة للحرارة العالية ؛ حيث يتم تجهيز كومبوست يستعمل في تسميد الحدائق والمنتزهات ، مما يفيد في إعادة تدوير المخلفات واستخدامها فيما يفيد ، ويقلل من تلوث المدن .

ومن الأهمية بمكان أن تسود درجة الحرارة العالية خلال مراحل التحليل الجزئى للمخلفات العضوية ، ليس فقط لتشجيع نشاط الفطريات المشاركة في هذا التحليل ، ولكن أيضاً لتقليل أعداد العشائر البكتيرية 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 بطريقة مأمونة واقتصادية ؛ وذلك عن طريق عمل كومبوست قد تدخل في تركيبه مخلفات حيوانات المزرعة وطيورها . ويمكن استخدام هذه المخلفات في زراعة عيش الغراب لإنتاج بروتين فطريّ يضاف البروتين الحيوانى ، كما تستخدم المخلفات الناتجة بعد زراعة عيش الغراب في إنتاج علفٍ للماشية أو سماد عضوى .

ويتم خلال التحويل الحيوى للمواد اللجنوسيليلوزية تحليل اللجيين كخطوة أولى ، يتم بعدها تخلص الإنزيمات المحللة للسيليلوز لهذه المركبات العضوية

المعدنة . ويعتبر تحليل هذه المخلفات العضوية - حيويًا - أقل تكلفة بالمقارنة بالوسائل الأخرى التي يمكن أتباعها مثل استخدام الكيماويات ، والتي تسبب أيضا تلوثًا للبيئة .

ويستعمل في التحول الحيوي لهذه المخلفات العضوية بعض الفطريات البازيدية ؛ مثل الفطر *Phanerochaete chrysosporium* ؛ وهو فطر سريع النمو ، يتحمل الحرارة العالية ، ويسبب عفنا أبيض نتيجة تحليله للسيليلوز واللجنين في نفس الوقت . ويمكن استخدام المخلفات العضوية المتحولة علفًا للماشية ؛ حيث تتحسن درجة استساغة الحيوان لها . وعلى أية حال يختلف نوع الفطر المستخدم تبعًا لنوع المخلف النباتي (Zadrazil, 1980) .

ويتمو الفطر السابق على المخلفات اللجنوسيليلوزية الناتجة من مصانع الورق ؛ حيث ينتج عنه بروتين فطري 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 فطري قدره ١٤٪ من الإنتاج النهائى .

ولقد تم تحقيق بعض النجاح باستخدام الهندسة الوراثية فى إنتاج سلالات من الفطر *Phanerochaete chrysosporium* ذات قدرة أقل على تحليل السيليلوز ؛ حيث تستخدم هذه السلالات فى تحليل لجنين الخشب ، وتقليل فقد فى ألياف السيليلوز المستخدمة فى صناعة الورق ؛ مما يعطى منتجًا نهائيًا ذا ألياف سيليلوزية قوية .

وتتميز الفطريات المتحملة للحرارة المرتفعة - التي 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 ، والتي يتوقف نشاطها عند ارتفاع درجة الحرارة الناتجة عن التمثيل الغذائى .

كما يتميز ارتفاع درجة حرارة الوسط - الذى يتم خلاله التحول الحيوى - بتثبيط نمو عديد من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى ؛ وهذا يؤدى إلى خلو المنتج النهائى من التلوث بالميكروبات المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة .

٣ - الفطريات المحتملة للبرودة Psychrotolerant fungi :

وجدت عديد من الفطريات نامية في القطبين الشمالي والجنوبي ؛ حيث تقل درجة الحرارة إلى مادون الصفر المئوي 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 التي قد تصل إلى ٤٠°م تحت الصفر .

ويندرج تحت هذه الفطريات المحتملة للبرودة أفراد من معظم الفطريات الحقيقية Eumycota . ولقد وُجد في قارة انتركتيكا Antarctica بالقطب الجنوبي 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 في هذه المنطقة من القطب الجنوبي 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 ، والتي تصل إلى خمس درجاتٍ تحت الصفر . وتعتبر معظم هذه الفطريات دخيلة على البيئة شديدة البرودة ، وتم انتقالها إليها عن طريق نشاط الإنسان وتقله من مكان إلى آخر . وتضم هذه الفطريات بعض الأنواع التابعة للجنس الزيجي *Mucor* ، بالإضافة إلى بعض الخمائر .

وتسود هذه الخمائر خلال فصلي الربيع والخريف في تربة قارة انتركتيكا ؛ حيث يبدو أنها تأقلمت جيدا 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 يودى إلى زيادة عشائر الفطريات الهيفية ؛ منافسة فى ذلك عشائر الخمائر ، وتعود السيادة - مرة أخرى - للفطريات الهيفية (Wynn - Williams, 1980) .

وتوجد الفطريات المتحملة للبرودة أيضا كمكونات للمواد الغذائية المخزونة فى المبردات (الثلاجات) ؛ فعلى سبيل المثال تنمو بعض الأنواع التابعة للجنس *Penicillium* فى درجة حرارة 3 تحت الصفر ؛ حيث تعتبر أحد الملوثة الشائعة للثمار والخضراوات المحفوظة بالتبريد . كما تسبب بعض الفطريات الأخرى عفنا للحموم المجمدة والمحفوظة لفترة طويلة فى المبردات ؛ ومن أمثلة ذلك فطريات : *Thamnidium* ، و *Penicillium* ، و *Mucor* ، و *Cladosporium* (Jay, 1987) .

وتسبب بعض سلالات الفطريات المتحملة للبرودة أعتانا خطيرة لثمار الفراولة والخوخ والطماطم المخزنة فى درجات حرارة منخفضة (-5م) ؛ بحيث قد تودى إلى تلف كامل للمحصول. ومن هذه الفطريات *Botrytis cinerea* ، و *Mucor mucedo* ، و *M. piriformis* ، و *M. circinelloides* ، و *Rhizopus stolonifer* ، و *R. sexualis* (Smith et al., 1979) .

وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن هناك عدیدا من الفطريات الممرضة للنبات تتحمل الصقيع ، وتنمو جيدا فى درجات الحرارة المنخفضة ؛ حيث إن درجة الحرارة المثلى لها تكون - عادة - أقل من 20م ، بينما تصل درجة الحرارة الدنيا إلى خمس درجات مئوية تحت الصفر . ومن هذه الفطريات الممرضة للنبات : الفطر *Typhula idahoensis* المسبب لمرض رقاد النباتات النجيلية ؛ حيث يُظهر أقصى قدرة مرضية عند درجة حرارة 1,5م تحت الصفر .

وهناك فطريات أخرى ممرضة للنبات تنتشط 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 - فسیولوجیا تأقلم الظفریات علی درجات الحرارة المختلفة :

هناك بعض النظریات الحدیة الی تحاول تفسیر كیفیة تحمّل بعض الكائنات الحیة الدقیقة للحرارة المرتفعة ؛ حیث یفترض أن هذا التحمل یرجع إلى بعض الصفات الطبیعیة والكیمیائیة للجزئیات الكبیرة الموجودة فی خلایا هیفات الفطر cell macromolecules وللاغشیة السیتوبلازیمیة ، وللجسمیات الموجودة فی الخلیة ، والی تسمح لهذة الظفریات بالاحتفاظ بحیویتها خلال تعرضها لدرجات الحرارة العالیة .

وعلی الرغم من تعدد الأبحاث الی أجریة فی هذا المجال ، فبان النتایج المتحصل علیها ما زالت قلیلة بحیث یصعب وضع نظریة نموذجیة تشرح كیف تتحمل هذة الظفریات التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة دون أن تفقد حیویتها . ولكن الدراسات السابقة أوضحت مدى ثبات الجزئیات الكبیرة المتكونة داخل خلایا الكائنات الحیة الدقیقة النامیة تحت ظروف الحرارة العالیة thermostable macromolecules ، مثل البروتینات .

فعلی سبیل المثال ، یلاحظ أن البكتریا المحبة لدرجات الحرارة العالیة thermophilic bacteria تنتج عدیدا من الإنزیمات والبروتینات الهیكلیة structural proteins ، والی تسبب تحملا ملحوظا للحرارة العالیة . كما أظهرت الدراسات أن بعض الإنزیمات الموجودة فی الكائنات الحیة الدقیقة المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة mesophiles ثابتة حراریا ؛ وهذا یتیح الفرصة لهذة الأحياء الدقیقة كی یتقی علی قیة الحیاة تحت الظروف الاستثنائیة غیر العادیة من ارتفاع درجات الحرارة حولها .

وربما یكون من الأمور المحیرة ، تلك الحقیقة الناتجة عن اكتشاف أن الإنزیمات الموجودة فی الكائنات الحیة الدقیقة المحبة للحرارة العالیة thermophiles لیست ثابتة حراریا . وهذا یدعونا إلى الاعتقاد بأن الأساس الفسیولوجی للثبات الحراری یرجع إلى القدرة الفائقة للكائن الدقیق علی سرعة تخلیق الجزئیات الكبیرة الثابتة حراریا ، تعویضا عما یتلف نتیجة تعرضه لدرجات الحرارة العالیة .

إلا أن النظریة السابقة The rapid synthesis hypothesis فشلت فی تفسیر الیة الثبات الحراری للبروتین protein thermostability ، والذی قد یرجع إلى تغیر نسب الأحماض الأمینیة ، أو إلى وجود بعض الأیونات المرتبطة بجزئ البروتین ؛ مثال ذلك آیونات الزنك Zn والكالسیوم Ca والكوبلت Co . وتعتبر الأبحاث الی أجریة فی هذا

المجال قليلة للغاية ، إلا أن المعلومات القليلة المتاحة تدل على تشابه الية تحمّل الحرارة العالية في الكائنات الحية الدقيقة بصفة عامة (Dix & Webster, 1995) .

ومن ناحية أخرى ، وجد (Crisan (1969) أن المستخلص السروتيني للفطريات *Tataromyces thermophilus* و *Thermomyces lanuginosus* ليس كله ثابتاً حراريّاً عند ٦٠م° ، ولكن عند إنباء هذه الفطريات تحت ظروف الحرارة المرتفعة ، تزداد نسبة البروتينات الثابتة للحرارة العالية . وتتمشى هذه النتائج مع الملاحظات السابقة ، التي توضح أن بعض الإنزيمات المعزولة من الفطريات المحبة لدرجات الحرارة العالية *thermophilic fungi* - والتي تتميز بأن درجة الحرارة المثلى لنموها أعلى من ٦٠م° - تكون ثابتة حراريّاً ، بينما الكائنات الفطريات التي تقل درجة حرارتها المثلى عن ٦٠م° ، فإن إنزيماتها لا تكون ثابتة حراريّاً (Broad & Shepherd, 1971) .

كما وجد في الفطريات المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة - وأيضاً تلك المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة - أنها تكون بروتينات خاصة ثابتة حراريّاً إذا نمت هذه الفطريات تحت ظروف درجات الحرارة العالية . ويزداد تكوين مثل هذه البروتينات في خلايا الفطريات ؛ حيث تساعد على بناء ما يتلف من الهيكل البنائي للفطريات النامية تحت ظروف ارتفاع الحرارة .

ولا يُظهر الأحماض النووية للكائنات الحية الدقيقة المحبة للحرارة العالية أية قدرة للنبات الحرارى ، بعكس الحال في الأغشية السيتوبلازمية التي تظهر تأقلماً تركيبياً ووظيفياً لتحمل الحرارة العالية ؛ بحيث تظل هذه الأغشية محتفظة بقدرتها على النفاذية الاختيارية للتحكم في مرور الأيونات والجزيئات من الخلية وإليها تحت ظروف ارتفاع درجات الحرارة .

وتلعب الليبيدات المكونة للغشاء السيتوبلازمى دوراً كبيراً فى تحمله لدرجات الحرارة العالية ، واحتفاظه بحالته الطبيعية . وتميل هذه الليبيدات إلى التحول للقوام الجيلاتينى عند انخفاض درجة الحرارة ، بينما يودى ارتفاع الحرارة إلى سبولتها . ويتحكم فى تحول قوام الغشاء السيتوبلازمى درجة حرارة التحول *transition temperature* ؛ والتي تعتمد على نسبة ونوع الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة التي يتكون منها الليبيد .

وتتميز الأحماض الدهنية المشبعة بقله عدد الروابط الزوجية التي تعمل على رفع درجة حرارة التحول ، بينما تقلل الأحماض الدهنية غير المشبعة من درجة حرارة التحول . فإذا ما احتوى العشاء السيتوبلازمي على ليبيدات ذات محتوى عالٍ 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 ، والتي تكون في 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 في الكائنات الحية الدقيقة النامية في 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 - منطقيًا - أن الأغشية السيتوبلازمية للكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في درجات حرارة منخفضة تكون ذات نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة في ليبيدات العشاء ، بينما تلك التي تعيش في درجات الحرارة المرتفعة تكون محتوية على نسبة عالية من الأحماض الدهنية المشبعة .

ولقد وجد Mumma et al., 1971 أن الفطريات المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة تحتوي على مستويات منخفضة من الأحماض الدهنية غير المشبعة في ليبيدات العشاء السيتوبلازمي ؛ بالمقارنة بتلك الفطريات المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة . فعلى سبيل المثال ، تحتوي الأنواع المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة من الجنس *Mucor* على نسبة عالية من حمض الأوليك *oleic acid* ذي الرابطة المزدوجة الواحدة ، بينما يحتوي على نسبة قليلة من حمض اللينولينك *linolenic acid* ذي الرابطين المزدوجتين ، ونسبة أقل من حمض اللينولينك *linolenic acid* ذي الروابط الزوجية الثلاث ، بالمقارنة بالأنواع الأخرى المحبة لدرجة الحرارة المعتدلة من نفس الجنس (Sumner et al., 1969) .

وفي 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 نوعاً من التأقلم في توازن درجة لزوجة الغشاء السيتوبلازمي 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 التي تنمو فيها هذه الفطريات .

وعلى الرغم مما سبق ، نجد أن الفطريات المحبة لدرجات الحرارة العالية تميل إلى تخليق لبيبيدات ذات محتوى عالٍ من الأحماض الدهنية المشبعة ، بصرف النظر عن درجة الحرارة التي 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 ٢٠م ؛ حيث قد يرجع ذلك إلى عدم قدرة هذه الفطريات على تخليق أحماض دهنية غير مشبعة بكمية كافية في درجات الحرارة المنخفضة ، أو لعدم توافر المواد المتخصصة في تكوين الروابط الزوجية في الأحماض الدهنية عند انخفاض درجة الحرارة .

كما وجد Sumner et al., 1969 أن ارتفاع درجات الحرارة لا يؤدي إلى أى اختلاف في درجات تشبع الأحماض الدهنية في الفطريات المنحمة للبرودة ، مثال ذلك : الأنواع التابعة للجنس *Mucor* ، وكذلك فطريات الخميرة المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة mesophilic yeasts . وقد ترجع زيادة نسبة الأحماض الدهنية المشبعة في لبيبيدات الغشاء السيتوبلازمي - للفطريات المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة والمعتدلة - إلى عدم قدرتها على النمو في درجات الحرارة العالية .

ويبدو أن قدرة الأغشية السيتوبلازمية على الاحتفاظ بكفاءتها في مدى حراري واسع يرجع إلى تنظيم تحول الأحماض الدهنية المشبعة إلى غير المشبعة والعكس ؛ وذلك من خلال الاستيروولات sterols (Harrison & Lunt, 1980) ، التي تقوم بتأثير مُسِيل liquefying effect على اللبيبيدات التي تميل إلى تكوين قوام جيلاتيني ، وتأثير مكثف condensing effect على اللبيبيدات التي تميل للسليولة (Demel & de Kruyff, 1976) .

ولقد وجد (Weete, 1980) أن الأستيروولات موجودة بنسبة عالية في الكائنات الحية الدقيقة المحبة للحرارة العالية على صورة أرجستروول ergosterol ، وعلى الرغم

من ذلك فإن هناك بعض الشكوك في دور هذه الأحماض الدهنية فى مدى تأقلم الأحياء الدقيقة على درجات حرارة الوسط الذى تنمو فيه .

فعلى سبيل المثال ، وجد (Esser (1979) أنه عند انماء طفرة من بكتيريا *Bacillus stearothermophilus* - تحت ظروف الحرارة العالية - لم يؤد 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 حرارياً (Stenesh & Yang, 1967) .

ومن ناحية أخرى ، فإن الفطريات النامية فى درجات الحرارة المنخفضة تتميز بإزيماتها 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؛ وبالتالي يؤدى انخفاض كمية الإنزيمات 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 ضرورياً 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 الهيغا بنفس الأسلوب الذى تنهجه الفطريات المتحملة للجفاف xerotolerant fungi .

ويعتقد أن الأغشية السيئوبلازمية للفطريات المتحملة للبرودة تحتوى على ليبيدات ذات مستويات عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة ؛ حتى ثلاثم النمو فى درجات الحرارة المنخفضة . فعلى سبيل المثال ، تحتوى ليبيدات الخمائر المتحملة للبرودة على أحماض دهنية غير مشبعة أكثر من الخمائر المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة ، والتي يزداد فيها مثل هذه الأحماض الدهنية غير المشبعة عندما تتعرض لدرجات حرارة منخفضة (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 stricus* و *M. oblongisporus* عند تنميتها عند درجة حرارة ١٠م ، بالمقارنة بنفس الفطرين عند تنميتها عند ٢٠م ، ٢٥م .

وفى دراسة أخرى ، وجد (Hammond & Smith (1986) انخفاضاً فى نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة فى ليبيدات الفطر *Mucor psychrophilus* عند نموه فى درجات حرارة مرتفعة ، كما زادت نسبة ليبيدات الغشاء السيئوبلازمى 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 حرارى 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 دليلاً آخر على تأثير درجة الحرارة العالية على النفاذية الاختيارية للغشاء السيئوبلازمى ؛ حيث يصبح منفذاً عند ارتفاع الحرارة ؛ وهذا يدل على فشل

الكائن الدقيق فى تخليق أحماض دهنية مشبعة للمحافظة على الغشاء شبه المنفذ فعلا
تحت ظروف الحرارة العالية .

٤ - الفطريات المتحملة للجفاف والضغط 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 الأسموزى فى إن 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 تحملها ، بينما توجد الفطريات المتحملة للضغط
الأسموزية العالية نامية فى البيئة ذات الطاقة الأسموزية 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 الأسموزى لمحلول النمو osmotic potential .

ويمكن تعريف الفطريات المتحملة للجفاف وتلك المتحملة للضغط الأسموزية
العالية بأنها تلك القادرة على النمو فى البيئة ذات النشاط المائى water activity الذى
يقبل عن 0.85_{aw} (Schmiedeknecht, 1960) . إلا أن بعض هذه الفطريات تنمو
عند 0.75_{aw} ؛ أمثال 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 التي لا تكون أجساما ثمرية Hemiascomycetes .

أ – الفطريات المتحملة للأسموزية Osmotolerant fungi :

تشمل هذه الفطريات بعض الخمائر ، بالإضافة إلى فطريات الأسبرجلس aspergilli التي تنمو على المواد ذات التركيز العالي من السكر ؛ مثال ذلك : المرببات ، 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 حوالي 70MP- عند ٢٥ م . كما أن بعض الخمائر تنمو جيدا في البيئات الملحية والسكرية على حد سواء ، وكذلك بعض الأنواع التابعة للأجناس : *Hansenula* ، و *Pichia* ، و *Debaryomyces* ، والتي تشمل عددا من الفطريات البحرية الاختيارية .

وتلعب بعض الخمائر المتحملة للاسموزية العالية دورا هاما في الصناعات الغذائية؛ مثال ذلك خميرة *Saccharomyces rouxii* التي تستعمل في إنضاج صلصة فول الصويا المملحة وتخمير عجائن الفطائر المملحة. كما أن بعض الخمائر تسبب خسائر فادحة في الأغذية السكرية خلال تخزينها .

ب – الفطريات المتحملة للجفاف Xerotolerant Fungi :

تنمو بعض الفطريات في البيئات الجافة ؛ مثال ذلك أنواع الفطر *Aspergillus* المتأقلمة جيدا على النمو تحت مثل هذه الظروف ؛ حيث يمكن لجراثيمها الإنبات في 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 مائي يتراوح بين $0.78 - 0.84_{\text{aw}}$.

وتنتشر الأنواع التابعة للجنس *Penicillium* في تربة المناطق ذات المناخ المعتدل ، أكثر من انتشار الأنواع التابعة للجنس *Aspergillus* ، وخاصة إذا كان المحتوى المائي

للتربة عالياً . وعلى العكس من ذلك ، تنتشر أنواع الجنس *Aspergillus* أكثر فى 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 (الفيلوسفير *Phyllosphere*) ، بالإضافة إلى أجناس أخرى بعضها ممرض للنبات ؛ مثل : *Drechslera* ، و *Fusarium* .

وتحتاج فطريات الحقل *field fungi* إلى نشاط مائى قليل (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 بأعداد قليلة 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 جفاف أكثر من ذلك عند تخزينها . وعندما تزداد الرطوبة لأكثر من النسبة الحرجة ، تبدأ فطريات المخزن فى النمو ببطء ، ويزداد نشاطها مع الوقت . ولتجنب ذلك يجب تجفيف 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 نمو 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 *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 حوالي ٣٠م ، بينما تتحمل بعض فطريات المخزن درجات حرارة أعلى من ذلك ؛ حيث إن بعضها ينمو في درجات حرارة أعلى من ٤٠م (Ayerst, 1969) .

وتقدر بعض الأنواع التابعة للجنس *Penicillium* على الإنبات عند نشاط مائي $0.78 - 0.80_{aw}$ ، ومع ذلك فهي تحدث تلوثات خطيرة للحبوب المخزونة عند محتوى رطوبة أعلى من ١٨% (حوالى 0.85_{aw} عند ٢٠م) .

وعادة ما تظهر نموات الفطر *Penicillium brevicompactum* أولاً ، ثم يتبعه نمو الفطر *P. verrucosum* عندما يزداد النشاط المائي قليلاً ، وعندما يزداد النشاط المائي 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 حوالي ٣٠م ، وإذا ارتفعت الحرارة إلى ٣٥م نشط الفطر *P. piceum*؛ حيث يكون النشاط المائي قد وصل إلى 0.92_{aw} أو أعلى من ذلك (Magan & Lacey, 1984 a,b) .

ويعتبر التداخل بين تأثير درجات الحرارة والنشاط المائي مؤثراً في مشاكل حفظ حبوب النجيليات في المخزن . وبصفة عامة ، فإن الفطريات المتحملة للجفاف xerotolerant fungi هي أكثر الفطريات تحملاً لانخفاض النشاط المائي ، وهي ذات درجة حرارة مثلى للنمو قريبة من درجة تخزين هذه الحبوب .

ويؤدي توليد الحرارة خلال عملية العفن إلى معادلة قلة النشاط المائي في المادة المخزنة ، بينما على العكس من ذلك ، فإن انخفاض الحرارة يؤدي إلى ارتفاع قيمة النشاط المائي .

وتتمو معظم فطريات المخزن ببطم شديد عند درجة حرارة أقل من ١٢م بصرف النظر عن محتوى رطوبة المادة المخزنة ؛ وعلى ذلك فإنه يمكن تخزين المنتجات الزراعية ذات المحتوى المرتفع من الرطوبة - والذي يصل إلى ١٦% - دون فسادها

إذا تم خفض درجة الحرارة إلى حوالي 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 لسنوات دون فساد 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 بدرجات متفاوتة ، فقد تصبح حبوب النجيليات المحفوظة عديمة اللون ، وقد تفسد الحبوب والبذور الزيتية نتيجة أكسدة الزيوت الموجودة بها ؛ معطبة نكهة متزنخة rancid flavours ؛ مما يجعلها غير صالحة للاستهلاك الادمى ، وقد يفقد الجنين حيويته ويموت (Warnock, 1971) .

وتظهر نتيجة الدراسات - التي أجريت على النشاط الإنزيمى لفطريات المخزن - أن هذه الفطريات ذات قدرة محدودة 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* بادئات للفساد فى الحبوب تحت ظروف النشاط المائى المنخفض ؛ حيث تقوم بمهاجمة الجنين ؛ نظراً لارتفاع نسبة السكريات والزيوت فيه بالمقارنة بالإندوسبرم ذى المحتوى النشوى العالى والنشاط المائى المنخفض (Flannigan, 1970) .

وعلاوة على ما سبق ، فإن الحبوب المتعفنة بواسطة هذه الفطريات قد تصبح عديمة الفائدة تماماً ؛ وذلك راجع إلى تراكم السموم الفطرية (التوكسينات الفطرية mycotoxins) ، حيث إن هناك عديداً من فطريات المخزن منتجة لمثل هذه السموم الخطيرة بكميات كبيرة . وتسبب هذه السموم مشاكل صحية للإنسان والحيوان لا حصر لها إذا لوثت الغذاء ، ولعل أكثرها شهرة الأفلاتوكسينات Aflatoxins .

وبعض السموم الفطرية ذات تأثير مسرطن carcinogens ؛ مثال ذلك الأفلاتوكسين الذى ينتجه الفطر *Aspergillus flavus* فى حيوب 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 إنباء 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 ٤٠م (Magan & Lacey, 1984 a). وقد يودى التعرض لفطريات المخزن إلى بعض أمراض الحساسية الأخرى التى تصيب الرئة لدى المزارعين 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 يودى التعرض الدائم لجراثيم هذا الفطر إلى الحساسية الزائدة للجليكوبروتينات الفطرية glycoproteins ، hypersensitivity to the fungal 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 التي تسمح للفطريات بالنمو تحت ظروف الضغط المائي المنخفض إلى دراسة الخمائر ، وخاصة *Saccharomyces rouxii* . وتعتبر معظم الخمائر المحتملة لانخفاض الضغط المائي 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 المتحمكة فى الاسموزية osmoregulatory substances من البيئة المحيطة ، أو قد يتم تخليقها داخل خلايا الفطر . وتعمل هذه المواد على خفض الضغط المائي الداخلى؛ بحيث يكون أقل من الضغط المائي الخارجى ؛ مما يسمح بعدم فقد الماء من خلايا الكائن الدقيق . وتستمر هذه الخلايا منفتحة ولا تتنلزم .

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 النباتات ذات الضغوط المائية المنخفضة (Hocking & Norton, 1983) .

فى خميرة *Saccharomyces rouxii*، توجد نسبة عالية من الجليسرول تقدر بموالى 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 ؛ وبالتالي 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 الفسيولوجي الرئيسي بين الفطريات التي يمكنها النمو تحت ظروف الضغوط المائية المنخفضة وتلك التي لا تستطيع ذلك ، هو أن الأخيرة تظهر زيادة في فقد الكحولات العديدة الهيدروكسيل polyols من الهيفات الفطرية ؛ وذلك عند زيادة التركيز الداخلي ، وهذا لا يحدث في الفطريات المتحملة للتوتر المائي water stress .

وتعتبر قدرة بعض الفطريات في الاحتفاظ بتركيزات عالية من هذه الكحولات العديدة الهيدروكسيل من العوامل المحددة لتحملها الضغوط المائية المنخفضة في البيئة التي تنمو فيها ؛ حيث لا يحتاج الفطر - تحت هذه الظروف - إلى تحويل مسارات دورات التمثيل الغذائي لتكوين هذه الكحولات ؛ مما يوفر كثيرا من الطاقة التي يمكن أن يستهلكها الفطر في بناء ما يحتاج إليه من مركبات حيوية أخرى هامة . (Edgley & Bown, 1983) .

ويؤدي تراكم الأيونات والجزئيات غير المتأينة non-electrolytes في سيتوبلازم هيفات الفطر - نتيجة دخولها من الوسط الخارجي المرتفع الاسموزية - إلى خفض الضغط المائي الداخلي . وتعتبر هذه الوسيلة طريقة سريعة لتعديل الضغط المائي الداخلي ؛ بحيث يستطيع الفطر ضبط الاسموزية داخل هيفاته ، دون أن يقوم بتخليق كميات إضافية من الكحولات عديدة الهيدروكسيل (Luard, 1982,a,b,c) .

وفي الفطر البحري *Dendryphiella salina* ، يعمل دخول بعض الأيونات من بيئة المياه المالحة - التي ينمو فيها الفطر إلى داخل هيفاته - على التحكم في السدورات البنائية الخاصة بتخليق الكحولات عديدة الهيدروكسيل ؛ فعلى سبيل المثال يؤدي 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 في نموها تحت ظروف الضغوط المائية المنخفضة . فعلى سبيل المثال، فإن الإنزيمات الموجودة في 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 النامي تحت ظروف التوتر المائي .

ولقد وجد أن الحمض الأميني بروفولين proline ذو قدرة تنظيمية في بعض الفطريات الأولية ؛ حيث يعتقد أنه يقوم بنفس الدور الذى تقوم به الكحوليات 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 الكحوليات عديدة الهيدروكسيل تقوم بحماية الإنزيمات من التأثيرات المثبطة الناتجة عن زيادة تركيز أيونات الصوديوم والمغنسيوم .

وتعتبر الخمائر المتحملة للاسموزية العالية osmotolerant yeasts - والتي تنمو في كل من المواد العالية الملوحة والشديدة التسكر - أنها أكثر تحملا للضغوط المائية المنخفضة ؛ وذلك عند نموها في التركيزات العالية من السكر (Onishi, 1963) .

فعلى سبيل المثال تتحمل خميرة *Saccharomyces rouxii* الضغوط المائية المنخفضة حتى 0.60_{aw} ؛ وذلك عندما يستعمل السكر في ضبط الضغط الاسموزى osmotic potential ، بينما لا تتحمل تلك الخميرة ذلك إذا استعمل ملح كلوريد الصوديوم في ضبط الضغط الاسموزى ؛ حيث يلعب التركيز العالى من أيونات الصوديوم والكلوريد دورا مثبطا لنمو هذه الخميرة .

وهناك بعض فطريات العفن التي تستطيع تحمل الجفاف ؛ مثال ذلك فطريات *Aspergillus amstelodami* ، و *Monascus (Xeromyces) bisporus* ، و *repens* ؛ حيث تنمو هذه الفطريات عند ضغط مائى أعلى من 0.98_{aw} (Flannigan & Bana, 1980) .

وتفضل مثل هذه الفطريات في النمو على البيئات المعتاد استعمالها في المعمل ، إلا أنه يمكن مصادفتها عند استعمال بيئات ذات تركيزات سكرية عالية . ويبدو أن نمو هذه الفطريات على البيئات ذات الضغوط المائية العالية يؤدي إلى خلل الغشاء السيتوبلازمى وجسيمات الخلية . فمثلا وجد أن الفطر *Aspergillus sejunctus* يفشل في النمو في 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 تأقلا ملحوظا على الاحتفاظ بحيويتها خلال فترات الجفاف الطويلة . ويعتقد أن ذلك يرجع إلى

حماية الغشاء السيتوبلازمي لها عن طريق وجود سكر الترايهاالوز trehalos والذي يتم بناؤه خلال نضج وجفاف هذه الجراثيم .

ويؤدي جفاف الأغشية السيتوبلازمية في غياب سكر الترايهاالوز إلى تغييرات مورفولوجية ؛ حيث تكوّن الفوسفوليبيدات مركبات معقدة متبلورة ، بينما يعمل وجود الترايهاالوز على حماية هذه الأغشية السيتوبلازمية من التلف ؛ وذلك عن طريق تعويض مجاميع الهيدروكسيل في 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 composition 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 Senescence (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 tundra. (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. Efland (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 arabinosyloxylan 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. Cancellada 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. Blackie, 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. Cancellada Fonseca) . Pierron, Sarreguemines, pp. 59 - 65 .
- Hocking, A. and R. S. Norton (1983). Natural - abundance ¹³C 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). Membrane 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. II. Fatty acid composition of polar and neutral lipids of thermophilic and mesophilic 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. VIIIth 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 .
- Schmidcknecht, M. (1960) . Feuchtigkeit als standort Faktor für mikroskopische Pilze. Zeitschrift für 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 .

- Stenesch, 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 activity on growth and metabolism in *Aspergillus sejunctus*. Transactions of the British mycological Society, 80 : 527 - 571 .
- Sunner, 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 .
- Sunner, 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 . الفطريات الأرضية الممرضة للتماسيح :

يعتبر شاطئ المدينة الساحلية روك همبتون Rockhampton من أكثر المناطق السياحية الواقعة على الساحل الشمالي لأستراليا ؛ حيث توجد به مزرعة ضخمة لتربية التماسيح على مساحة قدرها ١٣٣ هكتارا ، تزرع حولها أشجار الأوكاليبتوس eucalyptus المعروفة ، والتي تستعمل أوراقها وأزهارها فى الأغراض الطبية ،

وكذلك أشجار المانجروف mangroves التي تنمو على شواطئ البحر والبرك ذات المياه المالحة .

ويتعرض ساحل هذه المدينة للمد والجزر ؛ حيث يرتفع سطح البحر خلال المد إلى حوالي 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 هي أكبر مزرعة تماسيح في العالم ؛ حيث تم إنشاؤها عام ١٩٨١ ، وبدأت بتسعة تماسيح بربية صغيرة ، ثم زاد عددها مع الوقت وتكاثرت في الأسر حتى أصبحت إحدى المزارع السياحية الهامة في أستراليا . وتعرض هذه المزرعة بعض المنتجات المصنعة من جلود التماسيح ؛ مثل الحقائب والأحذية والأحزمة والمحافظ للبيع كتذكارات للسياح ، كما تقدم المطاعم لحوم التماسيح في وجبات غذائية شهية غير تقليدية .

واتبعت مزرعة التماسيح هذه سياسة تهدف إلى زيادة تكاثر التماسيح في الأسر ؛ حيث وضعت أول بيضة في شهر أكتوبر ١٩٨٥ . وعلى الرغم من تزايد نسبة وضع البيض في المزرعة ، إلا أن نسبة الفقس كانت قليلة . وفي عام ١٩٨٨ ظهرت المشكلة أكثر وضوحاً ؛ حيث تناثر البيض دون فقس في 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 يومياً ، وانخفض تعداد حيوانات المزرعة إلى النصف .

ونظراً لما أنفق على المزرعة من وقت ومجهود وتكاليف باهظة ، فإن الخسائر التي منيت بها كانت من الشدة بحيث كادت تقضى على المشروع بأكمله ، كما أن تكاليف تربية التماسيح الصغيرة كانت عالية ؛ حيث إنه يحتاج إلى حوالي ٢ - ٤ سنوات من العناية والتغذية حتى يصبح الحيوان ذا قيمة اقتصادية؛ حيث يتراوح طوله - عندئذ - بين متر ونصف ومترين .

ولخطورة موقف هذه المزرعة ، تمت دراسة الحيوانات المريضة والبيض الذي تضعه الإناث داخل عشوشها دون أن يفقس ، وتمت دراسات تشريحية شملت فحص عينات دورية من أنسجة الحيوانات المصابة والميتة ؛ وذلك بعد صبغها بطريقة

Periodic Acid Schiff ، حيث أوضحت النتائج وجود هيفات فطرية على القروح الموجودة في أنسجة الكبد والرئة والأمعاء الدقيقة والأحشاء الداخلية للحيوانات المريضة.

ولقد أخذت عينات من هذه الأنسجة الحيوانية ، ثم عُقمت سطحياً لعزل الفطريات منها ؛ حيث استعملت بيئة تحتوى على نصف تركيز بيئة اجار مستخلص البطاطس والدكستروز PDA ، وكذلك بيئة اجار سايرود-دكستروز Sabouraud's 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 يودى إلى امتناعها عن تناول غذائها لفراتٍ 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 عابرة 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 المتزمنة على المحلفات النباتية - وأيضاً من فطريات التربة الممرضة للنبات - وقد تفرز بعض سلالات مواد سامة (توكسينات) ، إلا أن بعض الباحثين قد أكد قدرة هذا الفطر على إصابة بعض الزواحف (Nelson et al., 1981)، وأيضاً بعضها يصيب الطيور (Roffè et al., 1989) والأسماك (Smith et al., 1989) وعديداً من الحيوانات اللافقارية (Austwick, 1986) ، بل تصيب بعض سلالات هذا الفطر الحيوانات الثديية بما فيها الإنسان (Ripon, 1988) .

ولكن لم تذكر أية بحوث سابقة أن الفطر *F. solani* يصيب تماسيح الكورانا *Koorana crocodile (Crocodylus porosus)* التي تنمو طبيعياً فى أستراليا ، والتي يصل طولها إلى حوالي ستة أمتار ؛ وهي من الحيوانات البرية المتوحشة التي لا تتردد فى اقتراس الإنسان . كما لم يذكر قبل ذلك إصابة هذه التماسيح بمثل هذا المرض البوتاني فى الأسر بحدائق الحيوان ، وربما يكون ذلك أول تقرير علمي يوضح القدرة المرضية لهذا الفطر الأرضي على إصابة التماسيح (Hibbed&Harrower, 1993) .

ومن المحتمل أن تكون إصابة التماسيح بهذا الفطر تمت عن طريق الجروح الصغيرة التي 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 تتشاجن من أجل الحصول على كمية أكبر من الغذاء ، أو لكى تحصل على غذائها قبل غيرها . ويؤدى ذلك - بطبيعة الحال - إلى حدوث خدوش صغيرة أو جروح غير عميقة فى جلد هذه الحيوانات ، يدخل من خلالها هيفات الفطر الممرض .

وحيث إن صغار التماسيح ذات أسنان ومخالب حادة 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 اليومي للحظائر .

ومن ناحية أخرى ، تمت إضافة مادة نيتروفورازون nitrofurazone - وهي مادة مضادة للميكروبات ، يتم استعمالها عادة في برك تربية الحيوانات البحرية - إلى مياه حظائر تربية التماسيح الصغيرة بتركيز ١٠ ملليجرامات / لتر ماء . وعلى الرغم من جميع الإجراءات السابقة ، لم يؤد أي منها إلى خفض نسبة انتشار المرض ، ولم يقل معدل وفاة التماسيح الصغيرة المريضة .

ولقد أجرى (Lord 1990) بعض اختبارات الحساسية لعزلات الفطر *F. solani* التي تم عزلها من التماسيح المريضة ، حيث أظهرت النتائج أن هذه العزلات تُظهر نوعاً من المقاومة لبعض المضادات الحيوية الفطرية المعتادة ؛ مثل : Amphotericin B و Clotrimazole ، و Flurocytoccine ، و Isoconazole ، و Natamycin ، و Nystatin ، بينما أظهرت هذه السلالات الفطرية نوعاً من الحساسية للمضادات الحيوية Ketoconazole ، و Griseofulvin ، و Econazole ، و Thiabendazole ، و Tioconazole .

ولكن عند إضافة هذه المواد المضادة للحوية إلى غذاء التماسيح ، سبب ذلك إنهاك هذه الحيوانات وضعفها ؛ مما أدى إلى مزيد من التدهور لحالتها الصحية ، ولم يؤد ذلك في النهاية إلى أية نتائج مفيدة . كما أن قليلاً من هذه المضادات الحيوية استعمل قبل ذلك في مقاومة أمراض الزواحف ؛ مما يقلل من حجم المعلومات المتاحة التي قد تفيد في علاج هذا المرض .

وفي منتصف عام ١٩٩١ ، أجريت محاولات عديدة لمقارنة حالة التماسيح الصغيرة المريضة التي تمت معاملتها بالمضادات الحيوية الفعالة مع تماسيح أخرى مريضة غير معاملة بالمضاد الحيوى . واستعمل في هذه الدراسة تماسيح حديثة الفقس ؛ حيث تمت إضافة المضاد الحيوى إلى غذائها ، ثم حلتل النتائج إحصائياً .

وفي شهر أبريل ومايو عام ١٩٩١ ، تم الحصول على مزارع نقيصة من الفطر الممرض *F. solani* معزولة من بيض التماسيح قبل فقسه ، وأظهرت النتائج أن هذا الفطر ساند على غيره من الفطريات الأخرى التي يمكن عزلها من البيض ؛ مثال ذلك: الفطر *Aspergillus sp.* والفطر *Paecilomyces sp.*

وخلال موسم التربية ١٩٩٠/١٩٩١ ، تم الحصول على بيض التماسيح من ٢٦ عشناً من عشوش التربية ، وتم تحضين البيض صناعياً بطريقة مشابهة لما يحدث فى

الطبيعية. وخلال فترة التحضين ، أخذت عينات من البيض من ٨ عشوش ، وعزل منها الفطريات من أجزاء مختلفة من البيض ؛ مثل القشرة الخارجية ، والغشاء المخاطي الداخلي بعد الفقس ، وأنسجة الجنين الميت ، وكذلك من بيض غير مخصب ، ومن بيض آخر مخصب في مراحل مختلفة من تكوين الجنين .

ولقد أظهر الفحص الميكروسكوبي وجود نموات ميسليومية كثيفة للفطر الممرض *F. solani* ، وتركز وجود هذه الهيفات الفطرية في الكيس الهوائي لبعض البيض المصاب ، حيث أدى ذلك إلى عدم فقس البيضة .

كما أخذت عينات من المواد العضوية التي تغطي أرضية العشوش ؛ فظهر أن النموات الفطرية لنفس الفطر الممرض منتشرة عليها بغزارة . ولقد كان ذلك متوقعا ؛ حيث إن هذه العشوش يتم بناؤها عن طريق أنثى التماسيح . وتقوم هذه الإنثى 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 في مثل هذا العش ، فإن أنثى التماسيح تغطيه بطبقة لزجة لاصقة ، تساعد على التصاق جراثيم الفطر *F. solani* المنتشرة طبيعياً على المواد النباتية في العش ؛ حيث تبقى هذه الوحدات الفطرية (جراثيم ونموات هيفية) ملتصقة بالسطح الخارجي للبيض . ومع الدفاء وارتفاع رطوبة الجو داخل العش خلال فترة التحضين ، تنبت جراثيم الفطر وتنمو هيفاته . وقد تخترق هيفات الفطر قشرة البيضة من خلال ثغوب التهوية ، أو من خلال الشقوق الدقيقة التي تنتج أحيانا خلال مرحلة وضع الأنثى لبيضها .

فإذا استمرت البيضة - التي اخترقتها هيفات الفطر - محتفظة بحيويتها ، فإنها تنفقس عن صغار تماسيح مصابة بالهيفات الممرضة . وتنمو هذه الهيفات في جسم التماسيح الصغير بسرعة خلال العام الأول دون أن تظهر أعراض المرض على جلد التماسيح من الخارج ، ولكن بعد انتهاء العام الأول ، تظهر الأعراض الخارجية ، ويعانى التماسيح الصغير من الإصابة الداخلية لأحشائه .

ويفسر ذلك الموت المفاجئ لبعض صغار التماسيح التي كانت تبدو سليمة وفي 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 فى 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 المقترحة 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 للحبوية 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 .

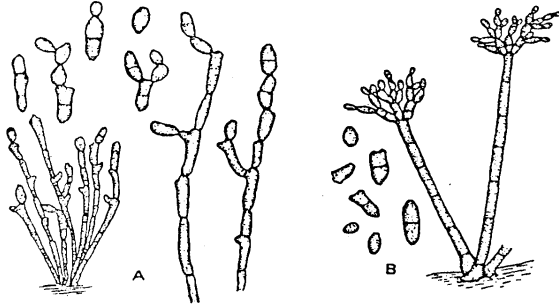
وكذلك تم تعديل نظام التهوية والتدفئة داخل عنابر التربية ، وخاصة داخل عشوش الفقس لعدم تعرضها لأضرار البرودة ، بالإضافة إلى معالجة مياه المزرعة بالكلور ، والعناية بالعلف المقدم للتماسيح والتأكد من خلوه من الفطريات الضارة .

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 التماسيح عليه .

تاسعاً - المراجع : References

- Austwick, P. K. C. (1986) . *Fusarium* in man and animals. 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. Invert. 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. Whittle (1981) . Cyclic dermatitis associated with *Fusarium* sp. Infection in pinnipeds. J. Amer. Veter. Med. Assn. 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. Muhlich ; K. H. Muhlich 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 السطحي لهذه الفطريات ؛ سواء المتطفلة منها ، أم المترمة ، وما يسببه نموها من فوائد أو أضرار للنباتات التي تنمو عليها .

ويعتبر عالم النبات الألماني دى بارى (1866) De Bary أول من ذكر أن سطوح الأوراق تغطي بنموات فطرية داكنة اللون ، ثم شاهد هذه النموات الداكنة على الثمار العسيرة ، 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 ، التي 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 التي تتراكم على سطوح الأوراق ، والتي تؤدي 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 دوراً كبيراً في تحديد سيادة أحدها .

وتتمو الأحياء الدقيقة المختلفة على سطوح الأوراق مترجمة ، وقد تنمو معها أحياء دقيقة أخرى ممرضة للنبات . وتتداخل عشائر هذه الأحياء الدقيقة فيما بينها مؤثرة ومثارة بما تفرزه من مواد مشجعة للنمو أو مثبطة له ، ومتنافسة بعضها مع بعض على العناصر الغذائية المحدودة على سطوح الأوراق ؛ وعلى ذلك فإن هذه الأحياء الدقيقة المترجمة على سطوح الأوراق تعمل على الحد من الدور الضار الذي يمكن أن تقوم به الأنواع الأخرى الممرضة ، والذي يمكن أن يستفاد منه في مكافحة الحويبة Biological control (Rai & Singh, 1980 ; Fokkema & Lorbeer, 1974 ; Ahmed & Saleh, 1987) .

ولقد أظهرت بعض الدراسات أهمية هذه الأحياء الدقيقة في تحليل الأعضاء النباتية المختلفة في التربة ؛ مما يعمل في النهاية على زيادة خصوبتها . كما تلعب بعض بكتيريا الأزوت الجوي لا تكافلياً على سطوح الأوراق دوراً كبيراً في توفير النتروجين العضوي الصالح للاستفادة بواسطة النبات ، دون الحاجة إلى إضافة سماد نتروجيني ، وهذا ما يطلق عليه اسم " التسميد الحيوي Biofertilization " .

ولقد استخدم الاصطلاح فيلوسفير phyllosphere للدلالة على الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق (Ruinen, 1966 ; Last, 1955 a) ، بينما استخدم (1958) Kerling المصطلح phylloplane ، واستخدم (1981) Dickinson المصطلح epiphytes للدلالة على هذه الأحياء الدقيقة .

أولاً - الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق :

تضم عشائر الأحياء الدقيقة النامية على سطوح أوراق النباتات بكتيريا وفطريات شبيهة بالخمائر تابعة للعائلة Cryptococcaceae (غير متجرثثة asporogenous) وأخرى تابعة للعائلة Sporobolomycetaceae (مكونة جراثيم تقذف بقوة ballistospore producers) ، علاوة على أنواع من الجنسين *Candia* ، و *Aureobasidium* .

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 في المناطق الاستوائية الرطبة .

كما تنتشر بعض الأكتينومييسينات Actinomycetes - التي تستوطن التربة عادة - حيث تنمو على سطوح أوراق البادرات الصغيرة ؛ نتيجة انتقال هذه الأكتينومييسينات من التربة . وبعد فترة من نمو هذه النباتات تختفى عشيرة الأكتينومييسينات ، وتستبدل بنموات من بعض البكتيريا والخمائر والفطريات الهيفية .

ولقد قسم (Hudson (1968) الفطريات النامية على سطوح الأوراق طبيعياً إلى مجموعتين :

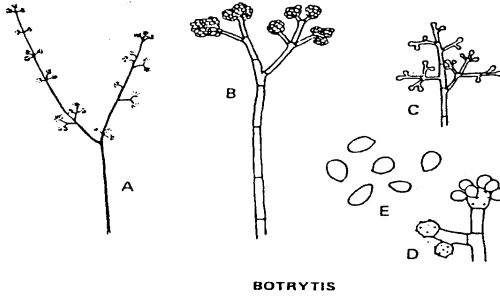
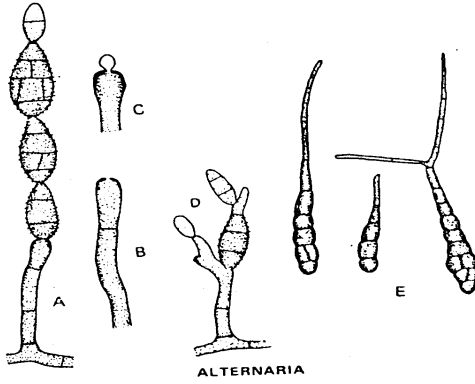
المجموعة الأولى :

تضم الفطريات المترمة الأولية الشائعة الانتشار : Common primary saprophytes . وهي تضم فطريات ؛ مثل : *Alternaria* spp. ، و *Cladosporium* spp. ، و *Epicoccum nigrum* ، و *Botrytis cinerea* ، و *Aureobasidium pullulans* .

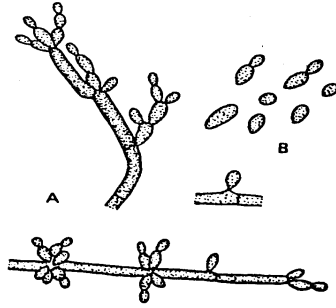
ويشار إلى هذه الفطريات - أيضاً - باسم " فطريات الحقل Field fungi " ؛ حيث توجد على النباتات الخضراء ، وأيضاً على النباتات الحديثة التحلل .

المجموعة الثانية :

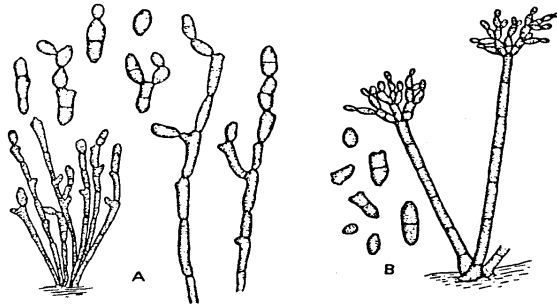
تشمل الفطريات المترمة الأولية محدودة العوائل Restricted primary saprophytes ؛ مثال ذلك الفطران : *Piggotia stellata* و *Readeriella mirabilis* ؛ حيث يرتبط وجودهما بأشجار الأوكالبتوس eucalypt (Macauley & Thrower.) ، والفطر *Leptosphaeria* spp. الذي ينمو على بعض النباتات النجيلية ، و *Fusarium bacillare* ، و *Sclerophoma pithyophila* اللذان ينموان على الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر (Tubaki & Yokoyama, 1971) .



شكل (١ - ٥) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات المتزرمة الأولية الشائعة الانتشار .



AUREOBASIDIUM



CLADOSPORIUM

تابع شكل (٥ - ١) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات المتبرعمة 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 التي توجد على سطوح الأوراق بصفة مؤقتة اسم " causal inhabitants " .

ويرجع وجود بعض الأحياء الدقيقة بصفة مؤقتة على سطوح الأوراق إلى 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 ، هي : فطريات سطوح الأوراق غير الممرضة non-pathogenic epiphytes ، والممرضات pathogens ، وفطريات سطوح الأوراق العارضة causal inhabitants exochthonous .

وتنقسم الفطريات الغير ممرضة القاطنة لسطوح الأوراق إلى مجموعتين رئيسيتين : قاطنات سطوح الأوراق phylloplane inhabitants ، والمترمات 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 في 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 في 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 .

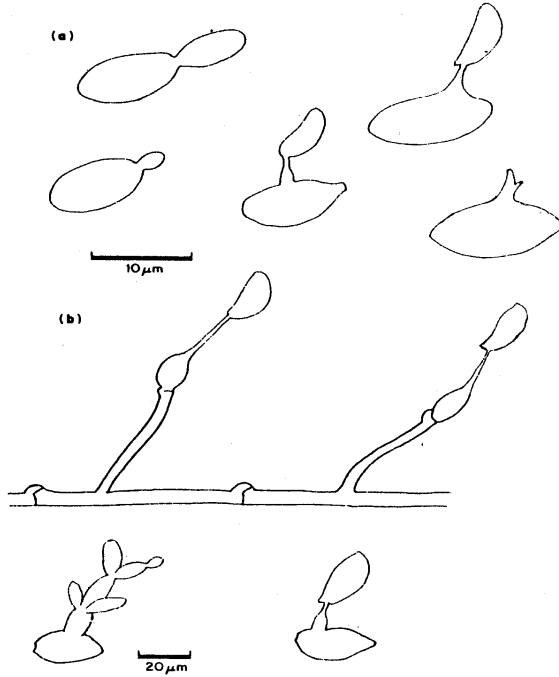
كما تتكاثر هذه الخميرة - أيضا - عن طريق تكوين جراثيم بازيدية تقذف بقوة ballistospores ، تتميز بقدرتها على الانتشار عن طريق الرياح . وتتكون هذه الجراثيم على ذنبيات قصيرة ؛ وذلك تحت ظروف الرطوبة العالية خلال ساعات الليل ، ثم تقذف من على سطوح الأوراق إلى طبقة الهواء المحيطة بالورقة بعد ذلك .

وهناك فطريات خميرة أخرى تتبع العائلة Sporobolomycetaceae ، شائعة الانتشار على سطوح الأوراق ، وهي أنواع تابعة للجنس *Bullera* ، تسلك سلوكا مشابها للجنس *Sporobolomyces* . وبالإضافة إلى ما سبق ، فإن بعض أنواع الخمائر التابعة للجنس *Tilletiopsis* و *Hersonilia* تنمو على صورة ميسليوم غير كثيف ، تتكون عليه جراثيم تقذف بقوة ballistospores (شكل ٥ - ٢) .

وعلاوة على ذلك ، توجد خمائر أخرى تتبع العائلة Cryptococcaceae ، وهي من الخمائر غير المتجترمة ، 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 الداخلي لطبق بتري ، بحيث يواجه السطح السفلي للورقة سطح بيئة اجار مستخلص المولت (٢٪) والتحصين لفترة حوالى ١٢ ساعة . وخلال هذه الفترة تطلق الخميرة جراثيمها بقوة ، حيث تسقط هذه الجراثيم عموديا خلال الهواء الساكن الرطب فى الطبقة البتري ، 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 الاجار عبارة عن صورة بالمرآة لتوزيع عشائر الخميرة على سطح الورقة المعلقة فى غطاء الطبقة البتري ؛ 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 التي تنقذف بقوة ballistospores .
 b = تكوين الجراثيم البازيدية التي تنقذف بقوة فسي الخميرة *Hersonilia perplexans* ، وإنبات الجراثيم المعذوقة عن طريق التبرعم . وأيضا بتكوين جراثيم تنقذف بقوة مرة أخرى .

٣ - المترومات 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 في التدهور ، نشطت هذه الوحدات الفطرية مكونة نموا هيفيا على سطح الورقة .

ولا تكون الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق *phyloplane inhabitants* والمترومات الأولية الشائعة الانتشار *common primary saprotrophs* مجموعتين محددتين من الفطريات . فعلى سبيل المثال ، يشترك وجود الأنواع التابعة لكل من الفطر *Aureobasidium* والفطر *Cladosporium* في كلتا المجموعتين ؛ وذلك لأنها 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 *Epicoecium purpurascens* ، و *Stemphylium botryosum* .

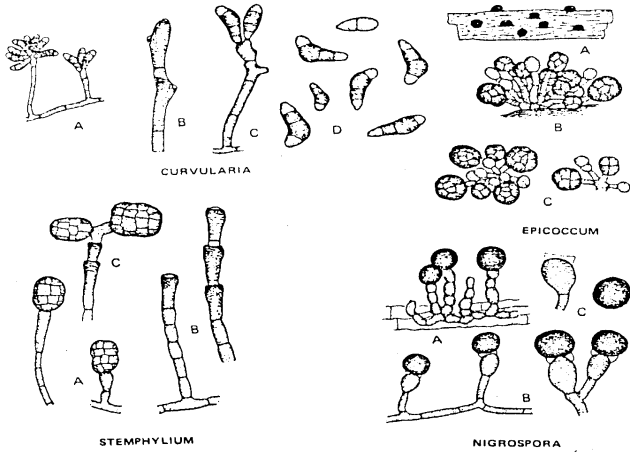
وفي المناطق الاستوائية ، تنتشر على سطوح أوراق النباتات أنواع أخرى من الفطريات ، مثال ذلك *Curvularia spp.* و *Nigrospora spp.* وغيرها ، حيث تتواجد كونيدياتها على سطوح الأوراق الخضراء ، فإذا ما وصلت هذه الأوراق إلى مرحلة الشيخوخة وبدأت أنسجتها في الانهيار ، نبتت هذه الكونيديات وبدأ الفطر نشاطه .

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* ، التي تنتشر على سطوح الأوراق ؛ مرسلة ممصاتها في خلايا بشرة العائل النباتي . 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

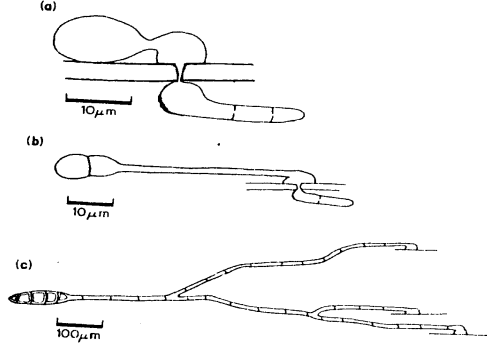
تتم الإصابة وتنمو هيفات الفطر داخل أنسجة النبات العائل ، ويتم تكوين الجراثيم خارجيًا .

3



شغل (٥ - ٣) : الحوامل الكونيدية والكونيديات الداكنة اللون لبعض الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق .

وتتميز بعض فطريات هذه المجموعة من الفطريات الممرضة للنبات بأنها تكون عضو التصاق appressorium على أنبوب الإنبات الناتج عن إنبات الجراثومة ، ثم يتم الاختراق عن طريق وتد عدوى infection peg يخترق بشرة النبات مباشرة عند موقع تكوين عضو الالتصاق . وفي حالات أخرى تنمو هيفات الفطر الممرض على سطح بشرة النبات لفترة ما قبل اختراقها للبشرة ونموها داخل أنسجة الورقة (شكل ٥ - ٤) .



شكل (٤ - ٥) : ثلاثة أمثاط من نمو الفطريات الممرضة للنبات الفاطنة لسطوح الأوراق
 . pathogenic leaf-inhabiting fungi
 الفطر = a *Botrytis fabae* .
 الفطر = b *Mycosphaerella ligulicola* .
 الفطر = c *Cochliobolus sativus* .

وتبقى جراثيم بعض هذه الفطريات الممرضة ساكنة على سطوح الأوراق لفترة زمنية ، حيث يتم إنباتها عند انهيار مقاومة العائل النباتي قبيل مرحلة الشيخوخة أو نتيجة لتحسن الظروف الجوية . وعلى أية حال لا توجد علاقة واضحة بين الممرضات السابقة وبعض المترومات الأولية الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق .

ويعتبر الفطر *Botrytis cinerea* مثالا جيدا للفطريات المترمة شائعة الانتشار على سطوح الأوراق ، وهو - في نفس الوقت - من الفطريات الممرضة لبعض العوامل النباتية ، حيث يسبب موتا للأسجة تحت الظروف الملائمة ، مثل توفر الرطوبة النسبية العالية التي تناسبه ولا تناسب العائل النباتي .

ويمكن لكونيديات هذا الفطر الإنبات على سطح الورقة ، وبعد مرحلة من النمو السطحي يخترق وتد العدوى بشرة الورقة مسببا تحللا للأسجة النباتية نتيجة نشاط إنزيماته المحللة للبكتين .

٤ - فطريات سطوح الأوراق المؤقتة :

لوحظ أن جراثيم بعض الفطريات الممرضة للنبات لا تستطيع عدوى أوراق العائل النباتي التي قد تتواجد على سطحه ، حيث تبقى ساكنة لفترة ، أو قد تثبت قبل أن تنتبه إلى أن هذا العائل النباتي لا يناسبها . وقد تشارك هذه الجراثيم - شأنها في ذلك شأن حبوب اللقاح - في توفير مزيد من المواد الغذائية على سطوح الأوراق للأحياء الدقيقة القاطنة لهذه البيئة .

وقد تترسب على سطوح الأوراق أيضا بعض فطريات التربة الممرضة للنبات ، والتي تتعلق جراثيمها في 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 الأصلي) والهواء وسطوح الأوراق .

وكذلك الحال في جراثيم بعض فطريات الروث *coprophilous fungi* ، والتي 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 الهضمي للحيوان العشبي . وقد تكون هذه المرحلة ضرورية لكسر طور سكون هذه الجراثيم وتشجيع إنباتها . وهكذا تستكمل دورة انتشارها من الروث إلى سطوح أوراق الأعشاب ، إلى الجهاز الهضمي للحيوانات المجتررة ، ثم إلى الروث مرة أخرى (شكل ٦ - ١٣) .

ثانيا . صفات الفطريات المترمة الأولية الشائعة الإنتشار :

١ - التغذية Nutrients :

تبعا لتقسيم الفطريات من الناحية الغذائية ، والذي اقترحه Garrett عام ١٩٦٣ ، فإن فطريات سطوح الاوراق المترمة تعتبر من الفطريات المحبة للسكريات sugar fungi ، وبالتالي لا تعمل هذه الفطريات على تحليل السيليلوز ، ولكنها تتغذى على السكريات المتاحة مثل السكريات السداسية hexoses والخماسية pentoses ، بالإضافة الى 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 المترمة الأولية المحبة للسكريات primary saprotrophic sugar fungi من الفطريات السريعة الزوال ephemeral ، ويرجع ذلك إلى الطبيعة المؤقتة لمادة الروث التي تنمو عليها ، بينما يدل بقاء الفطريات المترمة الأولية الشائعة لشهور طويلة على سطوح أوراق النباتات على أن هذه الفطريات ليست ذات طبيعة وقتية .

وتعتمد الفطريات المترمة في بقائها - بصفة عامة - على قدرتها فى تحليل السيليلوز ، وعلى الرغم من ذلك فإن معظم الفطريات القاطنة لسطوح الاوراق لا تحلله . ومن المحتمل أن مثل هذه الفطريات - مثل الفطر *Aureobasidium pullulans* - تعتمد على المواد البكتينية كمصدر للكربون ، حيث يفسر ذلك دور هذه الفطريات كمترمات على سطوح الأوراق .

ولا يمكن مقارنة فطريات سطوح الاوراق من ناحية قدرتها على تحليل السيليلوز ببعض الفطريات البازيدية التي تنمو على أوراق الأشجار فى المراحل المتأخرة من سلسلة تتابع الفطريات المحللة لها . فعلى سبيل المثال ، قام (Hering 1967) بحقن أوراق أشجار البلوط المعقمة بأشعة جاما بالفطرين *Cladosporium* و *A. pullulans* و *herbarium* ، بالإضافة إلى الفطر *Mycena galopus* ؛ وهو من فطريات عيش

الغراب الخيشومية ، ثم تابع الباحث الفقد في وزن الأوراق المحقونة والمحصنة على درجة حرارة تتراوح بين ٩ - ١٥م لمدة ستة أشهر .

وأظهرت النتائج أن الفطرين *A. pullulans* و *C. herbarum* سبباً فقدوا في وزن الأوراق قدره ٢ و ٤٪ على الترتيب، بينما سبب الفطر *M. galopus* فقدوا 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 - في حالة توفرها ، فإذا استهلكت ، تتجه هذه الفطريات إلى تحليل السيليلوز . ولذلك تبقى مثل هذه الفطريات في حالة نشاط دائم حتى تحت هذه الظروف الغذائية الصعبة ، في الوقت الذي تتوقف خلاله الفطريات الأخرى عن النشاط .

كما تلعب الاحتياجات النتروجينية دوراً محدداً في تغذية ونمو هذه الفطريات على سطوح الأوراق ، وخاصة وأن المصادر النتروجينية محدودة في 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 يؤدي إلى نشاط الفطريات المترمة على سطوح الأوراق المتساقطة على الأرض ، مما يثبط تكوين الجراثيم الأسكية التي تعتبر اللقاح الأولى لعسوى الأوراق الحديثة في فصل الربيع التالي .

ولقد درس الباحثان (1971) *Birchill & Cooke* دور اليوريا في نشاط عشائر الفطريات على سطوح الأوراق ، حيث كانت أكثر الفطريات شيوعاً تلك التابعة للجنسين *Alternaria* و *Cladosporium* . وأدت الزيادة الفاتحة في النمو الميسليومي للفطرين السابقين إلى استهلاك مزيد من المصدر الكربونى في 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 المترمة الأولية الشائعة الأخرى مثال ذلك الفطر *Epicoccum purpurascens* الذى لا يشاهد - عادة - على سطوح الأوراق الإبرية .

وليس من المعروف - على وجه التحديد - الدور الذى تلعبه البوريا 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 بالبوريا ، وكذلك بأى محلول قلوى آخر . 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 ، وبالتالي لا يعتبر هذا الفطر من الأنواع المحبة للنمو فى الأراضى الكلسية *calcirole* . ولقد لوحظت زيادة نمو هذا الفطر عند إضافة الجير إلى الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر ، بينما تودى معاملة هذه الأوراق بمادة كربونات الصوديوم إلى نمو الفطر (C).
E. purpurascens و *herbarum* .

وتعطى كل من البوريا والمواد الأخرى القلوية تأثيرات مشابهة على الأوراق الإبرية ، حيث تسبب تحولا فى لونها إلى اللون الداكن ، كما يصبح قوامها ليئا ، 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 نيتروجينى فى غذائه .

٣ - معدلات النمو : Growth rates

لا تعتبر الفطريات المترمة السابق الإشارة إليها من المترمات 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 *herbarum* (C) ، فهو سريع التجزئ ، بينما معدل نموه الميسليومى بطئ نسبيا ، بعكس الحال فى الفطر *Botrytis cinerea* ؛ فهو سريع النمو

الميسيليومي . ويعتبر الفطران *Epicoccum* و *Alternaria alternata* و *purpurascens* وسطا بين الفطرين السابقين من ناحية سرعة النمو الميسيليومي .

٣ - تحمل الجفاف Tolerance of desiccation

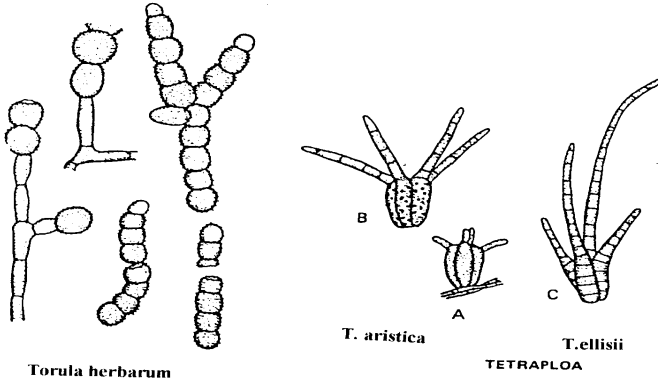
تعتبر الأوراق التي في مرحلة الشبخوخة على الأشجار ، وتلك المتساقطة حديثا على الأرض سريعة التعرض للجفاف ، خاصة عند تعرضها المباشر لأشعة الشمس .

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 المترمات الأولية بالمقارنة بنوعين من الفطريات المترمة الثانوية وهما *Torula* و *herbarum* و *Tetraploa aristata* (شكل ٥ - ٥) عند رطوبة نسبية ١٠٠٪ وأقل من ذلك .

ولقد أوضحت النتائج وجود اختلافات قليلة بين قدرة ميسيليوم الفطريات السابقة على النمو تحت ظروف الرطوبة المنخفضة ، بينما لم تتمكن الفطريات المترمة الأولية من النمو جيدا تحت هذه الظروف . ولكن عند ارتفاع الرطوبة النسبية (١٠٠٪) فإن الفطرين *A. alternata* و *E. purpurascens* يمتوان أسرع من الفطريات المترمة الثانوية ، وكذلك أسرع الجراثيم في 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 في الإنبات .

ونظرا للتغيرات السريعة في الظروف المحيطة بسطوح الأوراق ، فقد تتعرض الكونيديات النابتة إلى الجفاف السريع قبل أن تنجح في اختراق سطح الورقة . ولقد درس (1971) Diem 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 الاوراق المتحملة للجفاف . يلاحظ غياب الحوامل الكونيدية في الجنس *Tetraploa* : حيث تتكون الكونيديات مباشرة على ميسليوم الفطر .

وقد أظهرت النتائج أن الكونيديات ذات الألوان الداكنة - مثل تلك التي تكونها بعض الفطريات مثل *Cladosporium* و *Alternaria* - تكون أكثر مقاومة للجفاف خلال مرحلة الإنبات ، بالمقارنة بالكونيديات ذات الألوان الباهتة للفطرين *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 محفف يحتوى على كلوريد كالسيوم لامائي لمدة ثماني ساعات ، وكذلك أمكن إنبات ٩٩٪ من هذه الكونيديات بعد حفظها لمدة ثماني ساعات تحت ظروف رطوبة نسبية منخفضة (٤٠٪) .

وتدل النتائج السابقة على أن إنبات الكونيديات ذات الألوان الداكنة تحت ظروف ارتفاع الرطوبة النسبية في 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* و الفطر *Penicillium* ليست قادرة على الاحتفاظ بحيويتها بعد تعرضها لفترات جفاف تقل فيها الرطوبة النسبية عن ٨٥٪ ، في حين أن الأنواع التابعة للفطرين السابقين المكونة للكونيديات الملونة فإنها تسلك سلوكا مشابها للفطريات ذات الكونيديات الداكنة السابقة ، لذلك يمكن اعتبارها من الفطريات المترمة الأولية *primary colonizers* . ولكن يجب أن يؤخذ في الحسبان أن بعض الفطريات المترمة الأولية تكون كونيديات غير داكنة اللون *not-pigmented conidia* ؛ مثال ذلك فطرى *Aureobasidium* و *Botrytis* .

وكذلك الحال في فطريات البياض الدقيقى الإجبارية التطفل - التابعة لرتبة إريسييفالاتا *Erysiphales* - التي تكون 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 المترمة أوليًا على سطوح الأوراق تظهر قدرا كبيرا من تحمل الجفاف في قممها النامية ، ولمدة طويلة قد تصل إلى ثلاثة أسابيع . ولقد أمكن إثبات ذلك بوضع أنابيب الإنبات والهيفات الفطرية النامية لهذه الفطريات في 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 في 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 - التراكيب الفطرية المحافظة على حيوية الفطريات:

بمجرد أن تنمو الفطريات المترمة الأولية الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق ، فإنها تنتج بعض التراكيب الفطرية الداكنة اللون التي تحافظ على حيويتها pigmented survival structures . فعلى سبيل المثال ، يكوّن الفطر *Cladosporium herbarum* أجساماً حجرية دقيقة minute microsclerotia ، ويكوّن الفطران *Botrytis cinerea* و *Lpicoccum purpurascens* أجساماً حجرية sclerotia ، أما الفطر *Aureobasidium pullulans* فإنه يكوّن تجمعات من الجراثيم الكلاميدية aggregates of chlamydo spores .

وتتميز بعض الفطريات السابقة بأنها ذات ميسليوم داكن اللون ، حيث يعمل هذا اللون الداكن pigmentation على حماية الهيفات الفطرية والتركيب الأخرى السابق الإشارة إليها من الجفاف والأشعة فوق البنفسجية وأيضاً من التحلل الميكروبي .

وعلى ذلك ، فإنه من الواضح أن الفطريات المترمة الأولية الشائعة the common primary saprotrophs تتميز بصفات متعددة ، اعتمدت عليها في تأقلمها على الحياة تحت هذه الظروف القاسية على سطوح الأوراق ، حيث استطاع كل فطر من هذه الفطريات أن يدبر لنفسه الوسيلة - أو الوسائل - التي تجعله قادراً على تحمل البقاء والأحفاظ بحيويته ، كل بطريقته .

وفي المناطق ذات المناخ المعتدل ، تنتج بعض هذه الفطريات المترمة الأولية الشائعة أجساماً ثمرية أسكية ، خاصة في نهاية فصل الخريف حيث تتساقط أوراق الأشجار ، مشابهة في ذلك سلوك بعض الفطريات الممرضة للنباتات ؛ مثل الفطر *Apiognomonina errabunda* على الخوخ ، والفطر *Venturia inaequalis* على التفاح .

وتنتشر الجراثيم الأسكية من تلك الأجسام الثمرية الأسكية التي تكونها الفطريات السابقة على أوراق عوائلها النباتية في الفترة من أوائل إبريل حتى أوائل يونيو . وتعتبر هذه الفترة هي الوقت المناسب لظهور الأوراق الجديدة ، والتي تعمل كمصائد للجراثيم الأسكية السابق تكوينها ، والتي تقطن الهواء air-borne ascospores ؛ حيث تتم العدوى بها تحت الظروف الملائمة .

ومن ناحية أخرى ، تكوّن الفطريات المترمة الشائعة الانتشار أطوارا جنسية كاملة telemorphic states على سطوح الأوراق المتساقطة على الأرض . فعلى سبيل المثال يكون الفطر *Aureobasidium pullulans* أجساما ثمرية أسكية لظوره الكامل *Guignardia fagi* ، بينما يعتبر الفطر *Mycosphaerella tassiana* الطور الأسكى للفطر الناقص *Cladosporium herbarum* .

ويمكن إعتبار الأجسام الثمرية الأسكية - التي تكونها مثل هذه الفطريات - تراكيب فطرية إضافية تحافظ بها على حيويتها تحت الظروف السيئة . كما تنتج هذه الأجسام الثمرية لقاحا إضافيا من الجراثيم الأسكية ، بالإضافة إلى ما تنتجه من كونيديات خلال فصل الربيع .

رابعاً - تتابع عشائر فطريات سطوح وعفن الأوراق :

تختفى - عادة - الفطريات التي تظهر مبكرا على سطوح الأوراق تدريجيا مع تقدم الورقة في العمر ، حيث يحل محلها فطريات أخرى من تلك الأنواع المترمة القاطنة لسطوح الأوراق . وتصل هذه الفطريات المترمة إلى أقصى نشاط لها بعد تساقط هذه الأوراق - في مرحلة الشيخوخة - على الأرض .

وتشمل هذه الفطريات المترمة القاطنة لسطوح الأوراق أنواعا متباينة للغاية ، منها ما يكون كونيديات مثل الفطر *Polyscytatum 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* التي تنمو هيئاته وأجسامه الثمرية على أوراق أشجار الزان المتساقطة على سطح الأرض .

وتتمو بعض الفطريات القاطنة للتربة على مثل هذه الأوراق المتركمة على سطح الأرض ، خاصة في 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 المترمات الثانوية المحبة للسكريات secondary saprotrophic sugar fungi أكثر من كونها مترمات أولية primary colonizers .

إلا أنه - فى بعض الحالات - تكون هذه الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات من المترمات الأولية ، وذلك عند نموها على كتل براز الحيوانات الصغيرة micro fauna خاصة الحالم . 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 عديد 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 الأششن إذا توفرت الظروف البيئية لظهورها . ويتبع ظهور هذه الأحياء الدقيقة ظهور الحيوانات المفصليات الأرجل التى تتغذى عليها .

خامسا - تأثير العوامل النباتية والظروف المناخية على توزيع فطريات سطوح الأوراق :

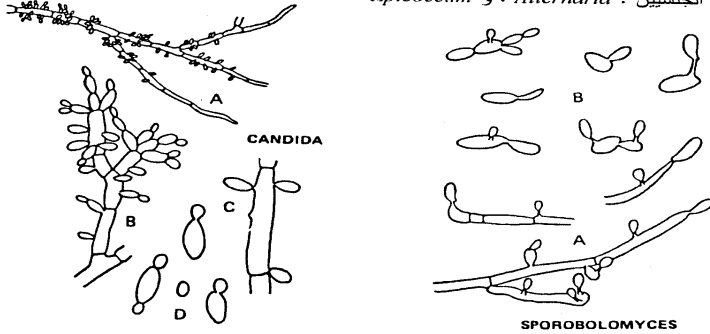
وجد (1955) Last بعض عشائر الفطريات الهيفية والخمائر لأنواع من الأجناس : *Bullera* ، و *Sporobolomyces* ، و *Tilletiopsis* ، و *Cladosporium* على سطوح أوراق النجيليات . كما وجد (1959, 1971) Menna أنواعا من الخمائر على سطوح أوراق بعض الحشائش ؛ مثال ذلك خمائر من الأجناس : *Sporobolomyces* ، و *Rhodotorula* ، و *Cryptococcus* ، بالإضافة إلى فطرى : *Cladosporium* ، و *herbarum* ، و *Aureobasidium pullulans* .

وتظهر أيضا على سطوح أوراق النباتات بعض أنواع الفطريات التابعة للجنسين *Fusarium* ، و *Cephalosporium* ، وبعض الفطريات المكونة للأوعية البكتيدية ؛ مثل الفطر *Myrothecium* spp. الذى يسبب التسمم الميروتيسى *myrothecitoxiosis* ، والفطر *Pithomyces chartarum* الذى يسبب إكزيما الوجه فى الحيوانات *facial eczema* .

كما عزل (1971) Stott بعض المترمات من على سطوح أوراق البنجر ، كان أكثرها انتشارا الفطريات : *Cladosporium cladosporioides* ، و *Aureobasidium pullulans* . بينما كانت الفطريات *Alternaria chartarum* و *Botrytis cinerea* و *Epicoccum rigrum* ، و *Phoma* spp. أقل انتشارا . ولقد وجد (1972) Sharma & Mukerji فطريات أخرى على سطوح أوراق القطن ، هى : *Alternaria* spp. ، و *Fusarium* spp. ، و *Fusidium viride* ، و *Cladosporium* ، و *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 جوتجن بألمانيا خلال موسمين زراعيين ، وكانت أكثر الفطريات الهيفية شيوعا تتبع الجنس *Cladosporium* (70 - 90 ٪ 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* .

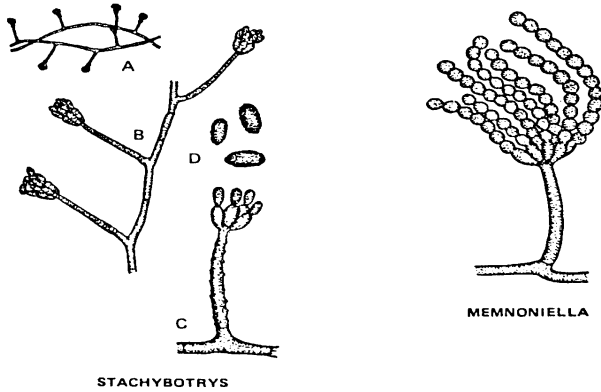
ولقد وجد كثير من الباحثين أن الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Cladosporium* من أكثر الفطريات شيوعاً على سطوح الأوراق في المنطقة المعتدلة؛ حيث وجد Mc Bride & Hayes (1977) نسبة تصل إلى ٨٠ ٪ من هذا الفطر على سطوح أوراق أشجار اللاركس (من أشجار الفصيلة الصنوبرية) ، كما وجد (1978) Fokkema أن معظم فطريات سطوح 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 الجسنيين : *Alternaria* ، و *Epicoccum* .



شكل (٥ - ٦) : بعض الخمائر التي تنمو على سطوح الاوراق .

وينمو الفطر *Aureobasidium* عادة عن طريق التبرعم مشابهاً في ذلك الخمائر بينما نموه الميسليومي محدود (شكل ٥ - ٨) . وقد يعاد توزيع الخلايا المتبرعمة في غشاء الرطوبة على سطوح الأوراق ، أو عن طريق قطيرات طرطشة الأمطار .

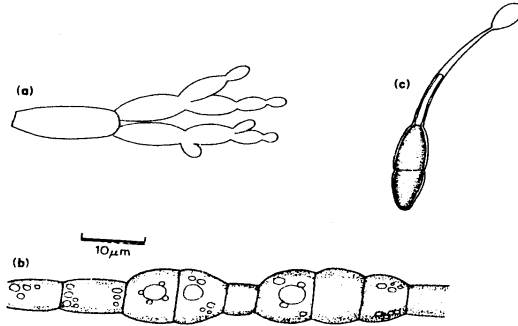
وقد تثبت كونيديات الفطر *Cladosporium* منتجة كونيديات ثانوية محمولة على أنابيب إنبات قصيرة (شكل ٥ - ٨) ، بينما تستكمل بعض أنابيب الإنبات نموها مكونة هيفات مقسمة ومتفرعة . وتتميز هذه الكونيديات التي يكونها الفطر *Cladosporium* بأنها جافة ، وعندما تتحرر فإنها تتعلق في الهواء وتصبح قاطنة له air-borne conidia .



شكل (٧ - ٥) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات الفاضنة لسطوح الأوراق.

ويستكمل الفطران السابقان جزءا كبيرا من دورة حياتهما على سطح الورقة ، ثم يكونان طورهما الجنسي - اجسام تمريية أسكية ascocarps - خلال فصل الربيع على أوراق الأشجار المتساقطة على سطح الأرض ، والتي مضى عليها فصل الشتاء في 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 للتلحل البكتيري .



شكل (٨ - ٥) : a = خلايا الفطر *Aureobasidium* تتبرعم بما يشبه الخميرة .
 b = جراثيم كلاميدية لفطر *Aureobasidium* على سطوح الأوراق .
 c = كونيذة نابئة للفطر *Cladosporium* منتجة كونيذة ثانوية .

وينتج الفطر *Aureobasidium* جراثيم كلاميدية سميكة الجدر داكنة اللون عديدة الخلايا ، توجد في سلاسل أو تجمعات (شكل ٥ - ٨) ، بينما ينتج الفطر *Cladosporium* أجساما حجرية صغيرة *microsclerotia* تحتوى على عديد من الجسيمات الصغيرة التي 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 .

وتتبيت هذه الأجسام الحجرية الصغيرة تحت الظروف المناسبة ، منتجة حزمة من الحوامل الكونيدية التي تحمل أعدادا كبيرة من الكونيديات . وتعتبر هذه الكونيديات مصدرا لللقاح الذى ينتشر بعد ذلك إلى أوراق أخرى جديدة .

وعلى العكس مما سبق ، لا تظهر الخمائر التابعة للجنس *Sporobolomyces* ميلا للبقاء في 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 ثانوية ، خاصة الأوراق المظللة .

وفي المناطق المعتدلة التي يسود فيها الجو الدافئ الرطب ، تصاب النباتات أحيانا بحشرات المن التي تفرز ندوة عسلية على الأوراق ، تنمو عليها فيما بعد فطريات العفن السوداء sooty moulds . وتظهر هذه النموذج الفطرية السوداء التي تشبه الهباب على سطوح الأوراق ، وخاصة أوراق أشجار الليمون الحامض .

ومن أهم الفطريات التي تنمو على الندوة العسلية لحشرة المن ، فطرا *Cladosporium* و *Aureobasidium* ، حيث تنمو الهيفات الفطرية بغزارة على السكريات الثلاثية trisaccharide melezitose كمصدر كربوهيدراتي مناسب ، كما تنمو هذه الهيفات على مخلفات المن والبقايا الحشرية المتحللة .

وتتظهر فطريات العفن السوداء السابقة أيضا على أوراق الأشجار المنتشرة في المناطق المناخية الاستوائية ، كما في غابات الأمازون وبعض الغابات الأخرى في قارتى أفريقيا وأستراليا ، وفي منطقة البحر الكاريبي . ومن الفطريات الأخرى التي 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 في المنطقة تحت الاستوائية ؛ حيث وجدت سيادة لعشائر فطرية أخرى على سطوح أوراق النباتات النامية . فعلى سبيل المثال ، درس عبدالفتاح وآخرون (١٩٧٧) فطريات سطوح أوراق الفول المزروع في الواحات الداخلة والخارجة بصحراء مصر الغربية ؛ حيث وجدا عددا من الأنواع التابعة للجنس *Aspergillus* (خاصة الفطر *A. fumigatus*) ؛ إذ وصلت نسبة وجوده إلى حوالي 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 .

وفي دراسة أخرى وجد عبدالحافظ (١٩٨١) في دراسته لفطريات سطوح أوراق القمح بالمملكة العربية السعودية أن نسبة وجود الأنواع التابعة للجنس *Cladosporium* كانت حوالي ٣٧ ٪ ، بينما كانت نسبة أنواع الجنس *Aspergillus* حوالي ٢٠ ٪ ، وكانت نسبة الأنواع التابعة للأجناس : *Alternaria* ١٤ ٪ و *Penicillium* ١٢ ٪ . و *Epicoccum* ١,٢ ٪ و *Curvularia* ١,٢ ٪ .

وكذلك وجدت خيرية (١٩٧٨) فى دراسة لها على فطريات سطوح أوراق القمح (فى أسيوط بمصر) نسبة عالية من الفطريات : *Cladosporium herbarum* ، و *Aspergillus fumigatus* ، و *Alternaria alternata* ، بالإضافة إلى أنواع تابعة للجنس *Penicillium* .

وأيضا درس عبدالوهاب (١٩٧٥) فطريات سطوح أوراق نباتات القطن وبعض أصناف الموالح المزروعة فى مصر ؛ حيث وجد أنواعا من الجنس *Aspergillus* ، و *Penicillium* سائدة على غيرها من الفطريات ، بينما كان الفطران *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 شمس بشبرا خلال مراحل نمو النبات المختلفة . ولقد أظهرت النتائج أن أكثر الفطريات شيوعا هى *Cladosporium herbarum* ؛ وكانت نسبته ٢٨,١ % من إجمالى الفطريات، بينما كانت الأنواع التابعة للجنس *Aspergillus* والجنس *Penicillium* موجودة بنسبة ٣٤,١% و ١٠,٤% على الترتيب .

وأظهرت النتائج السابقة وجود فطريات أخرى على سطوح أوراق الطماطم ؛ مثل : الفطر *Alternaria alternata* (٦ %) ، والفطر *Acremonium strictum* (٦.٦ %) ، بالإضافة إلى فطريات *Scopulariopsis brevicaulis* ، وفطر *Ulocladium botrytis* ينسب متفاوتة .

كما تبين انتشار العشائر الفطرية السابقة بالنسبة إلى المجموع الكلى لعشائر فطريات سطوح الأوراق تبعا لمرحلة نمو نبات الطماطم ؛ حيث بلغ نسبة وجود الجنس *Aspergillus* ٢٥,٦ و ٢٨,٤ و ٢٥,٢ و ٥١,٤ % بالنسبة إلى إجمالى الفطريات فى مرحلة البادرات والإزهار والإثمار والشيخوخة على الترتيب ، فى حين كان الفطر *Cladosporium herbarum* يمثل ٥٢,٤ % و ٥٠,٧ % من إجمالى الفطريات على سطوح أوراق الطماطم فى مرحلتى البادرات والإزهار ، ثم 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 فى محلول الأسيون فى حمام مائى للتخلص من الكلوروفيل ، ثم صبغت باللاكوفينول المضاف إليه صبغة أزرق القطن lactophenol - cotton blue ، وفحصت العينات ميكروسكوبيا .

وأظهرت هذه الدراسة انتشار فطريات داكنة اللون على عروق الأوراق عنها على باقى نصل الورقة . ولقد اختلفت حجم المستعمرات الفطرية المتكونة تبعا لنوع الفطر وعمر المستعمرة ؛ حيث تراوحت بين ٠.١٨ و ٠.٢٥ ملليمتر مربع .

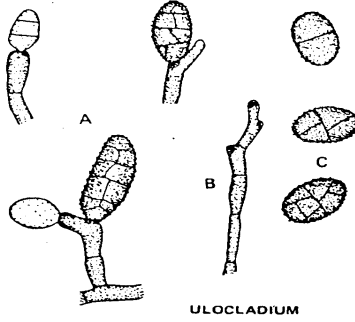
ولقد وجد أن الفطر *Aureobasidium pullulans* من أوائل الفطريات التى تنمو على سطوح أوراق الذرة الشامية ، يليه الفطر *Cladosporium cladosporioides* و *C. herbarum* ، بالإضافة الى أنواع من الفطر *Fusarium* . ووجدت هذه الفطريات على سطحى الأوراق كجراثيم فى بادئ الأمر ، ثم كمنو ميسليومى بعد ذلك .

كما ظهرت خلايا الفطر *A. pullulans* متبرعمة فى 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 .

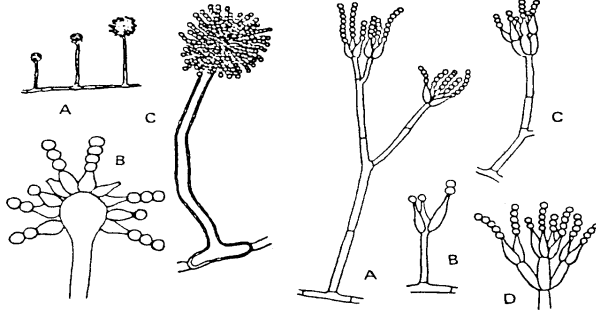
ولقد تم تعريف عديد من الفطريات على السطح العلوى لأوراق الذرة الشامية ، مثال ذلك : فطريات *Stemphylium* spp. ، وفطر *Epicoecium* spp. ؛ حيث أطلق عليها (Ruscoe (1971 اسم " epiphyllous phyllosphere " . وأيضا شوهدت نموات هيفية وحوامل كونيدية وكونيديات للفطريات *C. herbarum* و *C. cladosporioides* و *E. purpuranscens* و *A. alternata* على سطوح أوراق الذرة الشامية خلال موسم النمو .

وفى 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 العشاائر الفطرية مع تقدم النبات في العمر : حيث وصلت إلى أقصى حد لها عند شيخوخة أوراق الذرة الشامية .



ULOCLADIUM

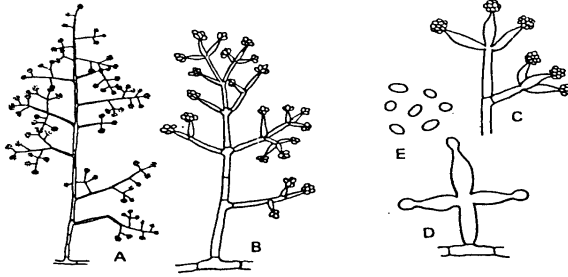


ASPERGILLUS

PENICILLIUM

شكل (٥ - ٩) : الحوامل الكونيدية وكونيديات بعض الفطريات الفاطنة لسطوح الأوراق.

وتوضح الدراسات السابقة أنه في الظروف تحت الاستوائية تسود عشائر الفطريات التابعة للجنسين *Aspergillus* و *Penicillium* أكثر من عشائر الجنس *Cladosporium* ؛ الذي ينتشر أكثر على سطوح أوراق النباتات النامية في ظروف البيئة المعتدلة ، ففي المناطق الجافة الحارة تسود الفطريات المتحملة لهذه الظروف على سطوح الأوراق ، مثال ذلك : الفطريات التابعة للجنسين *Aspergillus* و *Penicillium* ، بينما يهيمن نمو الفطريات الأخرى (Dickinson, 1967) .



TRICHODERMA

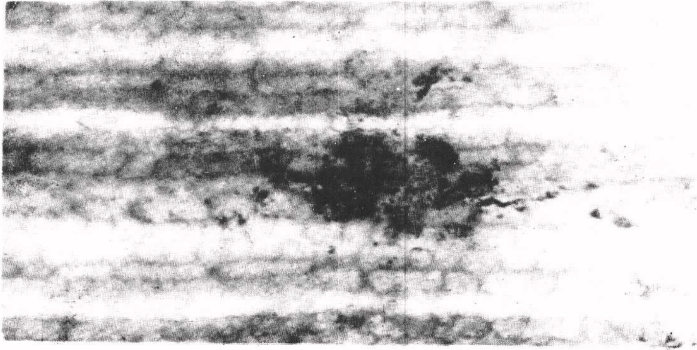
شكل (١٠ - ٥) : الحوامل الكونيدية (A . B) الحاملة لكونيديات الفطر *Trichoderma* ، بينما يوضح D . C القارورات المنتجة للكونيديات ، E كونيديات وحيدة الخلية.

ومن ناحية أخرى يقل انتشار الخمائر على سطوح الأوراق للنباتات النامية في المناطق تحت الاستوائية من العالم ، بينما تنتشر هذه الخمائر على سطوح أوراق النباتات النامية في المناطق المعتدلة .

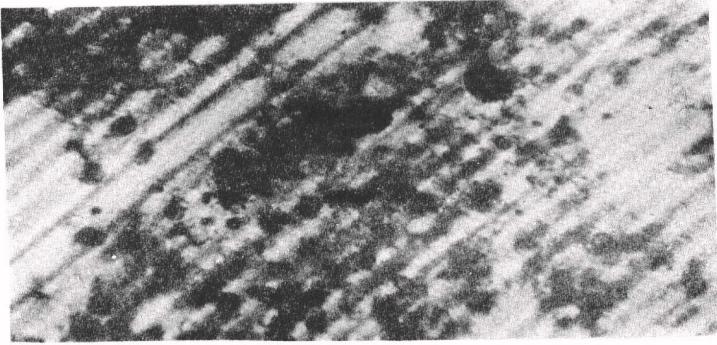
ولقد وجد المؤلف (Ahmed, 1983) في دراسته لخمائر سطوح أوراق الشعير في ألمانيا أن الخمائر البيضاء *Candida hordei* و *Cryptococcus* spp. تنتشر بوفرة ، بينما ظهرت الخميرة الحمراء *Sporobolomyces roseus* بنسبة أقل ، وكانت الخميرة البرتقالية *Bullera aurantiaea* قليلة الانتشار .

أما في المناطق تحت الاستوائية ، فلقد وجد عبدالوهاب (١٩٧٥) ان نسبة انتشار الخمائر على سطوح أوراق نباتات القطن في مصر لا تتعدى ٣,٩ ٪ ، وأرجع ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض رطوبة الجو ؛ حيث يثبط ذلك نمو الخمائر .

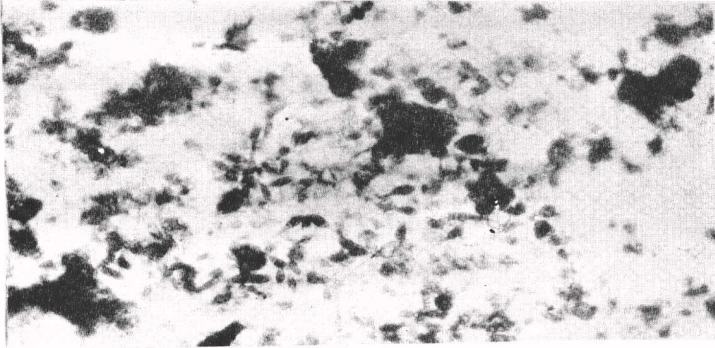
وكذلك وجد المؤلف واخرون (Raafat et al, 1988) ان نسبة وجود عشائر الخمائر الحمراء *Sporobolomyces roseus* والبيضاء *Cryptococcus magnus* على سطوح أوراق القمح المنزوع في مزرعة شلقان بمحافظة القنوبية بمصر قليلة للغاية ، بالمقارنة بالفطريات الهيفية .



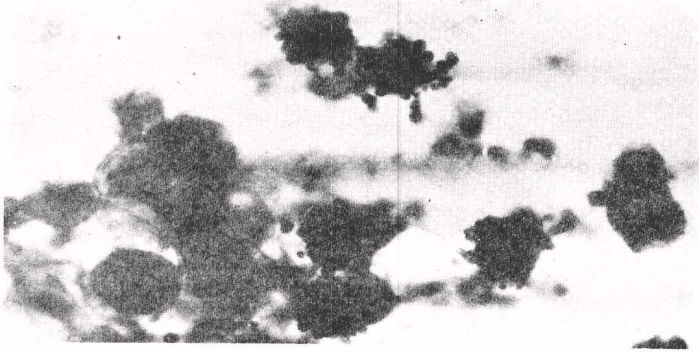
صورة (٥ - ١١) : تراكيب لجسيمات حجرية صغيرة . *microsclerotia* للفطر *Lurebasidium pullulans* . على سطح ورقة الذرة الشامية (تكبير ١٥٠ ضعفا) .



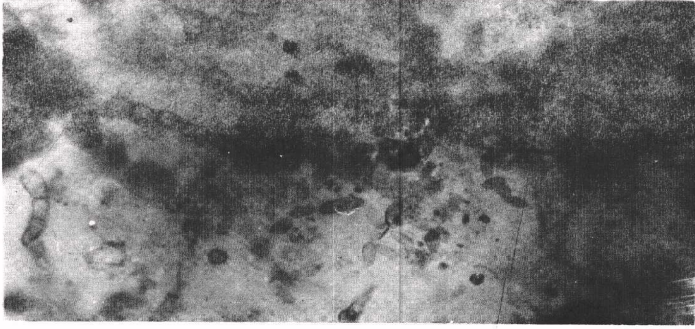
صورة (١٢ - ٥) : عشانر لفطريات داكنة اللون على طول عسوق الأوراق للمسطح العلوى لورقة الذرة الشامية (تكبير ٤٨ ضعفا) .



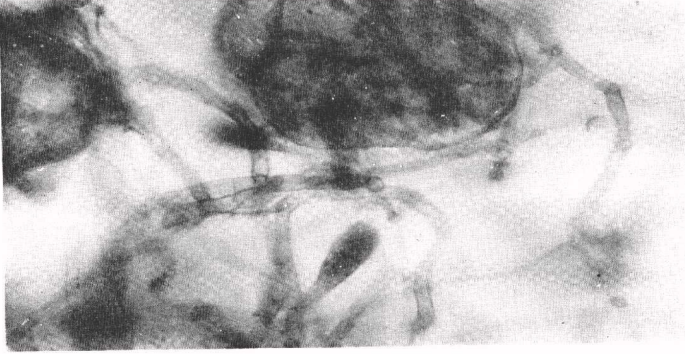
صورة (١٣ - ٥) : جراثيم الفطر *Alternaria alternata* والفطر *Stemphylium* sp. على المسطح العلوى لورقة الذرة الشامية (تكبير ١٥٠ ضعفا) .



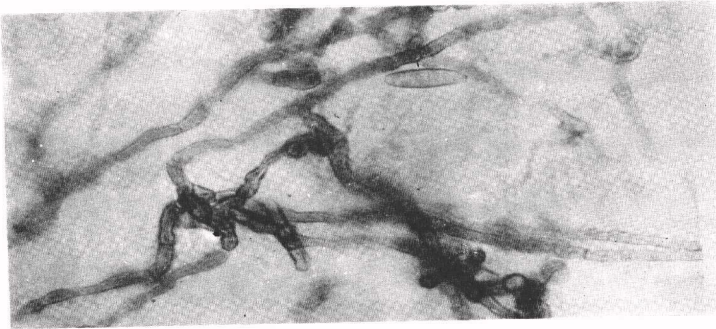
صورة (١٤ - ٥) : تجمعات من حبوب اللقاح بنمو عليها فطر *Epieoecum purpurascens* على السطح العلوى لورقة الذرة . لاحظ تكوين كويبات كونيدية للفطر على حبوب اللقاح (تكبير ١٥٠ ضعفا) .



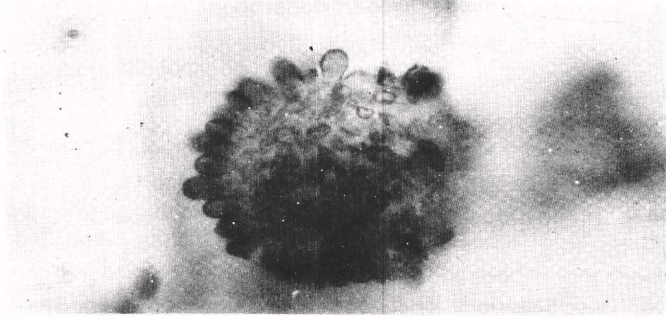
صورة (١٥ - ٥) : نمو ميسليومى وكونيديات الفطر *Cladosporium herbarum* على سطح ورقة الذرة الشامية (تكبير ٦٠٠ ضعف) .



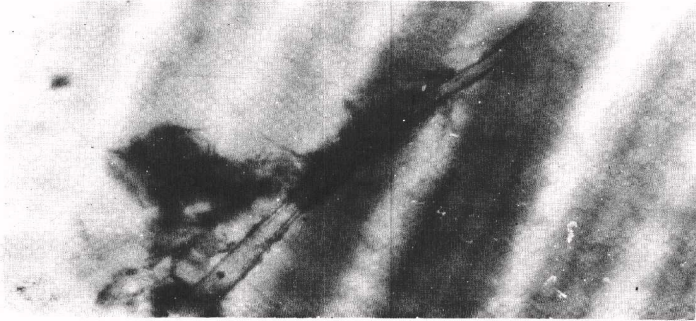
صورة (٥ - ١٦) : نمو ميسليومي وكونيديات مبعثرة للفطر *Alternaria alternata* على حبوب القمح على السطح العلوي لورقة الذرة الشامية (تكبير ٦٠٠ ضعف) .



صورة (٥ - ١٧) : نمو ميسليومي وكونيديات مبعثرة للفطر *Helminthosporium* sp. على السطح العلوي لورقة الذرة الشامية (تكبير ٦٠٠ ضعف) .



صورة (٥ - ١٨) : كويمة كونيدية ناضجة mature sporodochium للفطر *Epicoccum purpurascens* على السطح العلوي لورقة الذرة الشامية (تكبير ٦٠٠ ضعف) .



صورة (٥ - ١٩) : شعيرة من أوراق الذرة الشامية مغطاة بنمو ميسليومي للفطر *Cladosporium* sp. (تكبير ١٥٠ ضعفا) .

وفسر (1977) Fokkema هذه المشاهدات على أساس احتياج هذه الخمائر الى رطوبة نسبية عالية ، تتراوح بين ٨٥ ٪ و ٩٥ ٪ ؛ حيث تتضاعف عددها كل ثلاثة أيام ، فإذا انخفضت الرطوبة الجوية إلى ٧٥ ٪ قل النمو ، وعند ٦٥ ٪ رطوبة نسبية وحرارة ٣٢م تقل أعداد هذه الخمائر إلى أدنى حدٍ .

سادساً - طرق دراسة الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق :

هناك عديد من الطرق المستخدمة في دراسة الأحياء الدقيقة النامية طبيعياً على سطوح الأوراق، ولكن من الصعب تفصيل طريقة على أخرى ؛ حيث إن اختيار الطريقة المناسبة للدراسة يتوقف على طبيعتها ؛ سواء أكانت كمية أم نوعية ، وعلى طبيعة سطح العضو النباتي تحت الدراسة ، ونوع الأحياء الدقيقة المراد دراستها ، وغير ذلك من عوامل .

كما تلعب الظروف الخارجية دوراً كبيراً في انتشار الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق ؛ وبالتالي على اختيار الطريقة المناسبة لدراستها . ومن الظروف الخارجية المؤثرة على هذا الانتشار : الحرارة ، والإشعاع الضوئي ، و سرعة الرياح ، ومعدل سقوط الأمطار وكمياتها ، ومعدل التلوث بالمواد الكيميائية ، وغير ذلك من عوامل خارجية .

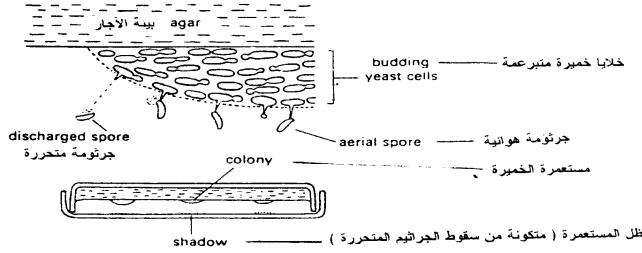
ولعل أكثر الطرق استخداماً في دراسة هذه الأحياء الدقيقة .. طريقة التخفيف والإملاء على سطح بيئة الأجار dilution plate technique (Dickinson, 1971) . وتتميز هذه الطريقة بعد الأجزاء الحية للكائنات الدقيقة viable propagules في العينة الورقية تحت الدراسة ، والتي تناظر عدد المستعمرات الميكروبية المتكونة على سطح بيئة الأجار في الأطباق البترى .

ويلاحظ - في هذه الطريقة - أن المستعمرات الميكروبية المتكونة على سطح بيئة الأجار بعيدة بعضها عن بعض ، ولا تتأثر بما حولها من مستعمرات أخرى ، وهذا لا يشابه طبيعة النمو المتداخل لعشائر الكائنات الحية الدقيقة النامية طبيعياً 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 - طريقة غسيل سطح العينات النباتية
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 المصايد (Sparrow, 1960)
Baiting technique
- ٩ - طريقة استخدام بيئات متخصصة (Tsao, 1970)
Using selective media
- ١٠ - طريقة التسمية (Hudson & Webster, 1958)
Culture method

ويحدد نوع الأحياء الدقيقة المراد دراستها اختيار إحدى الطرق السابقة للدراسة ؛ فعلى سبيل المثال تستعمل طريقة غرفة الرطوبة moist chamber technique لدراسة وعزل الفطريات للزجة myxomycetes من الأعضاء النباتية المتعفنة ، وأيضا لتشجيع نمو الفطر *Helminthosporium* على الأوراق . بينما تستخدم طريقة سقوط الجراثيم Spore-fall method لدراسة وعزل الخمائر التي تقذف جراثيمها بقوة ؛ مثال ذلك : الخمائر التابعة للعائلة *Sporobolomycetaceae* . وأيضا بعض الأنواع التابعة للجنس الفطري *Cladosporium* ، بينما تستخدم طريقة المصايد baiting technique لعزل ودراسة الجراثيم الهدبية .



شكل (٥ - ٢٠) : فطر الخميرة من الجنس *Sporobolomyces* . يوضح الشكل السفلي طبق بترى فى وضع معكوس ، يحتوى على بيئة الأجار ، 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 لرح ، بينما تكون الخلايا المسطحة ذئبيات 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 .

سابعاً - التقدير الكمي 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 الميكروبية microbial propagules ؛ حيث يتم رج الأوراق لتحرير هذه الوحدات الميكروبية ؛ مكونة معلقا يجرى تخفيفه

شعاً لدرجة تركيز الوحدات الميكروبية فيه ؛ وذلك باستخدام انابيب تحتوى على ماء مقطر معقد .

ويؤخذ - عادة - ٠.١ مليلتر من اخر تخفيف لهذا المعلق الميكروبي، وينشر على سطح بيئة اجار مناسبة ، ثم يترك لتنمو هذه الوحدات الميكروبية مكونة مستعمرات يمكن عدّها 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 رح أوراق النباتات فى الماء لا يودى إلى تحرحر 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 ، ويودى 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 النضح 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 نشترك أكثر من وحدة ميكروبية microbial propagule فى تكوين مستعمرة

واحدة على سطح بيئة الأجار ؛ 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 الأجار يقل كثيرا عن عدد تلك الوحدات الميكروبية فى المعلق ، والذي يقل - بدوره - عن العدد الحقيقى على سطح الورقة .

وكذلك لا يمكن معرفة نوع الوحدة الفطرية المكونة للمستعمرة على سطح بيئة الأجار ؛ فقد تكون كونيدة ، أو جزءا هيفيا ، أو غير ذلك ؛ تبعا لنوع الكائن الحى الدقيق تحت الدراسة ؛ لذلك يستخدم المصطلح " وحدة فطرية propagule " أو " الوحدة المكونة للمستعمرة (CFU) colony forming unit " (Fokkema, 1981) .

ويتبع - عادة - استخدام بيئة ذات محتوى غذائى قليل ؛ مثال ذلك بيئة " جوفى " Joffe medium (Joffe, 1963) لإنماء المستعمرات الفطرية ؛ حيث يتبع تحضين هذه الأطباق على درجة حرارة ١٦ م ، وتعرض للأشعة فوق البنفسجية (الضوء المعتم) ؛ وذلك بغرض تحديد حجم المستعمرة الفطرية ودفع الفطر للتجريم ؛ مما يسهل التعرف عليه قبل أن تتداخل المستعمرات الفطرية المتكونة .

ثامنا - 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 التي تنتقل عن طريق طرطشة الأمطار بأنها رطبة أو لزجة، كما أن تأقلم هذه الجراثيم على مقاومة الترسيب في المعلق المائي أقل من الفطريات المائية . بينما تتميز الجراثيم التي تترسب على سطوح الأوراق عن طريق التصادم بأكبر حجمها ، مثال ذلك كونيديات فطريات البياض الدقيقي ، والأكياس الإسبورانجية لفطريات البياض الزغبي ، بعكس الحال في الجراثيم المنتشرة بواسطة طرطشة الأمطار ، فهي صغيرة الحجم ، كروية الشكل .

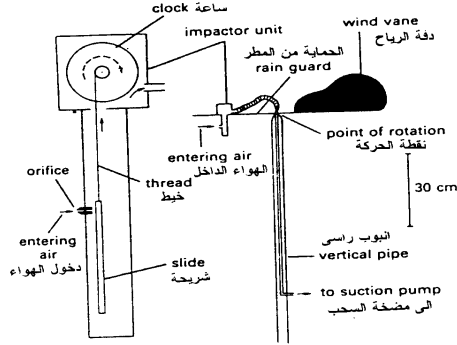
ومعظم الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق عبارة عن أفراد تتبع الخمائر المحبة للظل shadow yeasts التابعة للعائلة Sporobolomycetaceae ، حيث تنتج هذه الخمائر جراثيم دقيقة الحجم قاطنة للهواء .

ويعتبر سطح الورقة مصيدة نموذجية لجراثيم الهواء ، وذلك راجع إلى أن أنصال الأوراق تعترض حركة الهواء سواء أفقياً أم رأسياً ، 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 التي تتساقط على سطوح الأوراق ، بل إن بعضها يفقد عن طريق حركة الهواء أو قد يغسل بمياه الأمطار . كما قد تعمل حركة قطيرات ماء الندى - في الصباح المبكر - على إعادة توزيع العشائر الفطرية على سطوح الأوراق .

وتتميز جراثيم بعض الفطريات بأن لها مرحلتين من البية الانتشار ، فعلى سبيل المثال تعبر الأكياس الإسبورانجية للأنواع الممرضة من الجنس *Phytophthora* ، وكذلك لبعض أجناس فطريات البياض الزغبي من رتبة Peronosporales من قاطنات الرياح wind-borne fungi ، حيث تصطدم عادة بسطوح أوراق النبات وتترسب عليها .

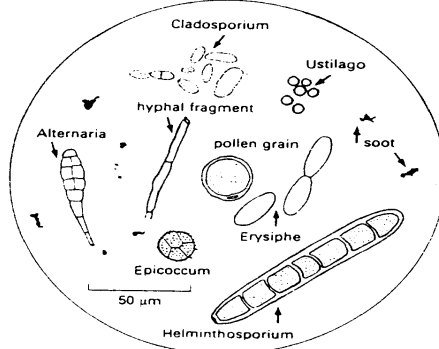
ويتم إنبات هذه الأكياس الإسبورانجية - تحت ظروف الرطوبة العالية - إنباتاً غير مباشر بإعطاء جراثيم هديبية متحركة ، تسبح لفترة في طبقة الرطوبة الموجودة على سطح الورقة . وقد يتم نقل هذه الجراثيم الهديبية إلى أوراق أخرى مجاورة عن طريق طرطشة قطيرات المطر .



شكل (٥ - ٢١) : رسم يوضح تركيب مصيدة الجراثيم الفاعنة للهواء air-borne spore-trap.

وليس من المستبعد مشاهدة أية جرثومة من الجراثيم الفطرية الفاعنة للهواء على سطوح الأوراق . وعند تجهيز معلق من الأحياء الدقيقة الموجودة على سطوح الأوراق ، وإيمانه على بيئة غذائية صلبة مناسبة ، فإنه تنمو عديد من الخمائر والفطريات الهيفية لأطوار ناقصة تتبع الفطريات الأسكية ، وأيضاً بعض الفطريات الزيجية من رتبة الميوكورات *Mucorales* . وقد يتصادف مشاهدة بعض الفطريات التابعة للماسـتيجومايكوتات *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 بعضاً من فطريات عيش الغراب الأجارىكية *agarics* والتقبية *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) : الوحدات التي تم تجميعها من الهواء على شريحة الفحص الميكروسكوبى من مصيدة الجراثيم المسافئة كما تبدو تحت الميكروسكوب . حيث تظهر حبوب لقاح pollen grains وقطع هيفية hyphal fragments وكتل من السهباب soot بالإضافة إلى أشكال مختلفة من جراثيم الفطريات

ولقد وجدت علاقة طردية بين عدد الوحدات الفطرية الموجودة فى الهواء ، 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 .

وأيضاً وجد (Pugh & Buckley (1977) أن أعداد العشائر الفطرية التابعة للفطر *Cladosporium* spp. كانت نادرة الوجود على سطوح أوراق أشجار الإسفندان sycamore فى شهر مايو . أما فى شهر يوليو فإن جراثيم الفطر كانت موجودة بكميات كبيرة فى الهواء ؛ مما أدى إلى زيادة أعدادها على سطوح الأوراق .

ولقد وجدت جراثيم أنواع من الجنس *Cladosporium* - الشائع الانتشار على سطوح أوراق النباتات في المناطق المعتدلة - بنسبة عالية في هواء بعض المدن الإنجليزية ، فعلى سبيل المثال وصلت نسبته في هواء مدينة كمبريدج Cambridge إلى حوالي ٧٩ ٪ (Hudson, 1969) ، وكانت نسبته في مدينة نوتنجهام Nottingham حوالي ٧٣ ٪ (Pawsey & Heath, 1964) ، ووصلت نسبته إلى ٦٩,٦ ٪ في هواء مدينة نينستيز Nine sites (Richards, 1956) ، والى ٥١,٦ ٪ في هواء مدينة كارديف Cardiff (Hyde & Williams, 1953) .

ووجدت جراثيم هذا الفطر أيضا في هواء مدينة هونج كونج بنسبة ٦٥,٧ ٪ (Turner, 1966) ، وفي هواء مدينة مونتريرال بكندا بنسبة ٤٧,٧ ٪ (Pady & Kapica, 1956) ، ووصلت نسبته إلى حوالي ٤٤,٥ ٪ في هواء مدينة مناهاتن Manhattan بالولايات المتحدة، وكانت نفس النسبة السابقة موجودة في هواء مدينة بارشلونة بإسبانيا (Torras et al., 1980 a,b) .

وكانت نسبة وجود جراثيم الفطر *Cladosporium* أقل انتشارا في هواء المناطق تحت الاستوائية ، وارتبط ذلك بالأعداد القليلة لعشائر هذا الفطر على سطوح أوراق النباتات المنتشرة في هذه المناطق . ولقد اهتم الكثيرون بدراسة انتشار جراثيم الفطر *Cladosporium* في 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 في هواء مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية ، ودرس (Moustafa & Kamell, 1976) ذلك في هواء مدينة الكويت. وفي نيجيريا درس (Darnsfield, 1966) انتشار هذا الفطر في هوائها، وأيضا درس (Sreeramulu & Seshavataram, 1962) ذلك في الهند .

تاسعا - بيئة سطوح الأوراق :

تسقط الوحدات الفطرية - وكذلك وحدات الأحياء الدقيقة الأخرى - على سطوح الأوراق ؛ حيث تلائم هذه البيئة الجديدة بعض هذه الأحياء دون الأخرى ؛ فتمسوا في عشائر متداخلة على سطوح الأوراق مكونة مجتمعا متوازنا من عشائر الأحياء الدقيقة .

وتعتبر سطوح الأوراق بيئة غنية بالمواد الغذائية المفرزة exudates من النباتات ، بالإضافة إلى عدد من المركبات الكيميائية الناتجة من النشاط الحيوي والتمثيل الغذائي للأحياء الدقيقة المختلفة على سطوح الأوراق ؛ مثل البكتيريا المثبتة لـالأزوت الجوي لانكافيا . وتترسب على سطوح الأوراق عديد من المواد العضوية وحبوب اللقاح التي تمثل مصدرا غذائيا هاما للأحياء الدقيقة في هذه البيئة ، حيث تعتبر مثل هذه الأحياء الدقيقة من المتغذيات على المركبات الكيميائية العضوية - chemo-organotrophs .

وتترسب المواد العضوية السابقة - وكذلك المواد الملوثة للبيئة - على سطوح الأوراق عن طريق قطرات الأمطار والطرطشة وهبوب الرياح . وتؤثر هذه المواد العضوية على عشاير الأحياء الدقيقة النامية على سطوح الأوراق ؛ مثل : الفطريات الهيفية ، والخمائر ، والبكتيريا والأكثينو ميسينات ، بالإضافة إلى بعض أنواع الحيوانات مفصليات الأرجل .

وتؤثر في بيئة سطوح الأوراق مجموعة من العوامل . أهمها نوع العائل النباتي الذي 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 في طبقة الماء الرقيقة على سطح الأوراق ، بل وعلى درجة ترطيب سطح الورقة نفسها .

وتتركب طبقة الكيوتكل من ليبيدات وشموع وكيوتين ، ويعتبر الكيوتين cutin المركب الأساسي ، وهو معقد من أحماض دهنية وأحماض دهنية هيدروكسيلية مخمورة في طبقة من الشمع . ويدخل في تكوين الكيوتكل سيليلوز و بكتين وبعض المركبات الفينولية المعقدة .

وتتشجع بعض الشموع الداخلة في تركيب الكيوتكل على نمو الفطريات على سطوح الأوراق ، بينما هناك شموع تثبط نموها ؛ فعلى سبيل المثال ، وجد (Heather (1967) أن الطبقة الشمعية التي تغطي 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 بسرعة ؛ مما يساعدها على الالتصاق بسطح البشرة والإنبات .

وتعتمد بعض فطريات سطوح الأوراق على قدرتها في تحليل الليبيدات في نموها تحت ظروف هذه البيئة ؛ فلقد وجد (Ruinen 1966) الفطر *Rhodotorula glutinis* - وهما من خمائر سطوح الأوراق - يفرزان إنزيمات lipases على بشرة نبات الألوه Aloe - وهو نوع من الصبار - وأيضا على بشرة أوراق نبات *Sansevieria* .

وتحتوى إفرازات أوراق النباتات leaf exudates على عديد من العناصر الكبرى والعناصر الصغرى ، بالإضافة إلى كميات كبيرة من المركبات العضوية ، تشمل السكريات البسيطة ، والمواد البكتينية ، والكحولات السكرية ، والأحماض الأمينية ، والأحماض العضوية ، بالإضافة إلى الجبرلينات ، والفيتامينات ، والمواد الفيونولية (Mitchell, 1968) .

ولقد وجد (Stocking 1956) عديدا من الأملاح الذائبة في طبقة الماء الرقيقة على سطح بشرة أوراق النبات ؛ مثل أملاح الفوسفات والكبريتات والنترات والكلوريدات لكاتيونات الأمونيا والبوتاسيوم والماغنسيوم والكالسيوم بتركيزات تصل إلى 1000 جزء في المليون .

ويختلف معدل إفراز سطوح الأوراق من المواد السابقة باختلاف نوع النبات ، ورطوبة الهواء المحيط به الذى يتمثل في الأمطار والضباب والندى . كما تلعب ظروف البيئة حول النبات دورا هاما في 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 معدلا منخفضا من الإفرازات بالمقارنة بالأعضاء النباتية الناضجة . ولقد وجد (Mitchell 1968) أن إفراز المواد الكربوهيدراتية على سطح أوراق نبات الكريزانتيم ونبات الهانسية تزداد عندما تتكون البراعم الزهرية ، وتصل إلى أقصى حد لها عند مرحلة الإزهار - ثم تنخفض - بعد ذلك - في مرحلة شيخوخة النبات .

ويبدو ان 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 للأوراق ، إلا ان معدل إفراز هذه المواد المغذية على السطح العلوى يبلغ حوالى ٧٠ ٪ ؛ وبدل ذلك على أن هذه الإفرازات تجد لنفسها طريقًا اخر غير الثغور لتخرج من خلاله ؛ مثال ذلك الإدماع من الثغور المائية hydrothodes ، وأيضًا خروج الإفرازات من زوائد البشرة trichomes .

ولقد وجد (Bollard (1960) عديدا من الأحماض الأمينية فى محلول ماء الإدماع ؛ مثال ذلك الأسباراجين الذى يمكن أن 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 (مقدره كجلوكوز Glucose) ، وكانت كمية الأحماض الأمينية الكلية تتراوح بين ٠.٢ و ١.٠ ميكروجرام (مقدره كلبوسين 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 - حبوب اللقاح كمصدر غذائى :

من المعروف أن الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق - مثال ذلك الأنواع التابعة للجنسين *Cladosporium* و *Aureobasidium* - يمكنها الاستفادة من المواد الغذائية المناسبة من حبوب اللقاح (Fokkema, 1971) .

وفى تجربة على نبات الشليم ، 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 في ماء مقطر معقم ، وتم إنماء محتويات المعلق السابق على بيئة الأجار 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 الشيلم السابقة في مرحلة الشيوخة ، وجد أن أعداد مستعمرات الفطر السابق متقاربة في كلتا المعاملتين ، حيث يرجع السبب في ذلك إلى أن الأوراق المتقدمة في 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 الشيلم 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 . وفي 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 ؛ وبالتالي زيادة العدوى . وعزى ذلك إلى أن توفير مواد غذائية إضافية من حبوب اللقاح أدت إلى تشجيع نمو هيفات الفطر الممرض على سطوح الأوراق ، وبالتالي زيادة اللقاح الفطري ، الذي سبب موتًا مضاعفًا للأنسجة النباتية .

حادى عشر - العوامل المؤثرة على بيئة سطوح الأوراق :

١ - التلوث :

إن التلوث الجوى بالدخان ، والغيار ، وغازى أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت ، وقطرات 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 الملوثة 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 فطري *Diplocarpon rosae* و *Hysterium pulicare* (Saunders, 1966) .

ونظرا لهذا التأثير القاتل لثانى أكسيد الكبريت على الفطريات ، فلقد أوصى Couey (1961) و Uota باستعماله فى مكافحة فطر *Botrytis cinerea* ، وأيضا أوصى (1965) Couey 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 (1985) Mowll & Gadd 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 *Sporobotomyces 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 عشاائر الأحياء الدقيقة على سطوح أوراق نبات الزعرور البرى hawthorn leaves .

كما درس (Mowl & Gadd (1984 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 امراض المجموع الخضرى لعديد من النباتات الاقتصادية تؤثر تأثيراً ضاراً على عشاائر 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 قوى على الفطريات الهيفية والخمائر من خلال تأثيرها العريض للمادة الفعالة **Captafol** .

وذكر (Hislop & Cox (1969 أن هذه المادة الفعالة (Captafol) ذات تأثير مميت لفطريات سطوح أوراق النفاخ ؛ حيث أدت المعاملة بها إلى انخفاض شديد فى أعداد هذه الفطريات . كما وجد (Dickinson (1973 تأثيراً مشابهاً للكابتافول على فطريات سطوح أوراق البطاطس .

وفى دراسة أخرى ، وجد (Kuthubutheen & Pygh (1978 أن أكثر الفطريات تآثراً بالكابتافول فطريات : *Aureobasidium pullulans* و *Cladosporium cladosporioides* وهى من أهم مكونات فطريات سطوح الأوراق ، بينما لم تتأثر عشاائر الفطر *Alternaria chartarum* بالكابتافول .

كما تأثرت عشاائر الخمائر - الموجودة طبيعياً على سطوح أوراق الشعير - بالمطهرات الفطرية المحتوية على المادة الفعالة كابتافول Captafol ؛ حيث انخفضت أعداد هذه الخمائر بدرجة معنوية (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 فى مرحلة النضج اللبنى للحبوب (Ahmed, 1983) . ويرجع ذلك إلى أن مادة الكابتافول تتأثر 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 ، وتتمو الأحياء الدقيقة على سطوح الأوراق مرة أخرى دون تثبيط.

وقد أظهرت مبيدات الحشائش نفس التأثير السابق على فطريات وخبائر سطوح الأوراق . فعلى سبيل المثال وجد المؤلف (Ahmed, 1983) أن مبيد الحشائش **Dichloroprop** يؤثر تأثيراً ضاراً على هذه الأحياء الدقيقة؛ وذلك عند رشه فى مرحلة تكوين أشطاء الشعير ، ووجد ذلك - أيضاً - باحثون آخرون (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 زيادةً معنوية؛ وهذا ما وجدته أيضاً (Burchill & Cook) (1971) ، و (Hudson) (1971) ، وفى تجارب أخرى مماثلة .

وفى دراسة أخرى للمؤلف مع آخرين (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 شيوعاً هى الأنواع التابعة للجنس *Cladosporium* .

٣ - العوامل الجوية :

تعتبر سطوح الأوراق وسطاً موحشاً inhospitable niche وغير مناسب - من الناحية الطبيعية والكيميائية - لنمو الفطريات ، فعلى الرغم من ان تبخر الماء من على سطوح الأوراق يعمل على تخفيف حدة الجفاف النسبي ، إلا ان الفطريات القاطنة لهذا الوسط تتعرض كثيراً 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 والتي تتغير بسرعة لعديد من المرات ، بين الارتفاع والانخفاض حتى في البيئات المناخية المعتدلة .

وفي البيئات المناخية المعتدلة - ذات الهواء الساكن نسبياً - فإن درجة حرارة سطوح الأوراق قد تكون مرتفعة عن درجة حرارة الهواء المحيط بها بحوالي 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 والتي تعتبر أحد مكونات الإشعاع الشمسي .

ولقد وجد (Sutton (1953 أن المناخ القريب من الأوراق microclimate يكوّن طبقة رقيقة من الهواء تؤثر على سطوح الأوراق وما عليها من أحياء دقيقة تنمو عليها ؛ وذلك من خلال الحرارة ، والرطوبة الجوية ، والإشعاع الشمسي ، وسرعة الرياح .

وتختلف سمك طبقة الهواء المحيطة بالأوراق ، والتي تؤثر عليها تبعاً لحجم الورقة ، وسمكها ، وشكلها ، وموضعها على النبات ، وأيضاً على اختلاف الظروف الجوية حولها . وتتأثر حيوية الكائنات الحية الدقيقة القاطنة لبيئة سطوح الأوراق باختلاف درجات الحرارة والرطوبة النسبية والإشعاع الشمسي ، كما تلعب سرعة الرياح دوراً كبيراً في سمك طبقة الهواء المحيطة بالأوراق ، والتي يطلق عليها اسم المناخ القريب .

وتتحدد كفاءة الفطريات الممرضة للنبات في اختراق عائتها النباتية بمدى تأثرها بالعوامل الجوية في المراحل المبكرة من العدوى ؛ فعلى سبيل المثال ، وجد (Borage 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 تكفي إنبات الجراثيم وإحداث العدوى .

كما أن فطريات أسطح سيقان النباتات - التي تنمو عادة على السلااميات السفلى للنباتات نظراً لارتفاع الرطوبة - تستطيع النمو على السلااميات العليا إذا ارتفعت الرطوبة النسبية حول النباتات . ولقد وجد (Webster & Dix 1960) أن الفطريات التي 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 - بصفة عامة - خلال الدراسات التي تجرى في غرف الرطوبة moist chambers زيادة أعداد الفطريات للزجة myxomycetes على سطوح الأوراق التي وصلت إلى مرحلة الشيخوخة ، بينما يعمل الإمداد المائي المعتدل على زيادة نمو الفطريات الهيفية filamentous fungi (Ahmed, 1988 b) .

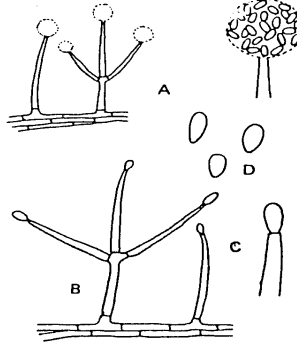
ولقد لاحظ (Robinson 1967) أن جراثيم الفطر *Plasmopara viticola* تصيب أوراق العنب الناضجة عند رطوبة نسبية حوالي ٨٠ ٪ ؛ فإذا انخفضت الرطوبة إلى أقل من ذلك (حوالي ٧٠ ٪) ، فإن هذه الجراثيم لا يمكنها إصابة الأوراق الناضجة ، ولكنها تصيب الأوراق الصغيرة فقط . ويوضح ذلك مدى أهمية الرطوبة النسبية في نشاط الفطريات الممرضة للنبات خلال مرحلة نموها على سطح الأوراق .

وأيضاً وجد (Manners 1971) أن إنتاج كونيديات فطر البياض الدقيقي *Erysiphe graminis* والجراثيم اليوريدية لفطر الصدأ الأصفر *Puccinia striiformis* على أوراق القمح يتأثر تأثراً شديداً 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 حيويته . ويستطيع هذا الفطر منافسة غيره من الفطريات الأخرى عند رطوبة نسبية ١٠٠ ٪ ، ولكن يعمل انخفاض الرطوبة النسبية إلى ٩٠ ٪ على نمو فطريات أخرى - مثل *Penicillium* spp - تنافسه ، وتؤثر على نموه .

وتؤدى ظروف الرطوبة العالية على السطح العلوى لأوراق القمح إلى زيادة نمو فطريات الخميرة ، وخاصة الخمائر الحمراء من الجنس *Sporobotomyces* ، كما 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 فارورى الشكل (C) .

وتحتاج الخمائر - بصفة عامة - إلى رطوبة نسبية عالية لا تقل عن ٩٠ ٪ لعدة ساعات يومياً ؛ حتى يمكنها النمو والانقسام ، بينما تستطيع عديد من الفطريات الهيفية النمو والتجرح تحت ظروف الرطوبة الجوية المنخفضة (Bashi & Fokkema, 1977) .

وتكون 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* spp. ، و *Penicillium* spp. و *cladosporioides* .

ووجد الباحث السابق أن الرطوبة المتوسطة (٦٧ %) ضارة بالفطريين *S. botryosum* و *A. tenuis* وبالأصناف التابعة للجنس *Cladosporium* . وكذلك وجد أن تعرض جراثيم الفطريات *Colletotrichum graminicola* و *Helminthosporium sativum* لرطوبة أقل من ٧٣ % يفقدها حيويتها بعد حوالي أربع ساعات .

وتعتبر الجراثيم الشفافة أكثر حساسية لانخفاض الرطوبة النسبية من الجراثيم الداكنة اللون ؛ وبالتالي فهي تفقد حيويتها تحت ظروف الجفاف ، ويفسر ذلك ندرة وجود عشائر الفطريات المكونة لمثل هذه الجراثيم الشفافة على سطوح أوراق النباتات النامية في 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 ٦٠م هي الحد الأعلى لنمو فطريات سطوح الأوراق (Chang & Hudson, 1967) . ولقد تم عزل فطريات محبة لدرجة الحرارة العالية من قش النجيليات المستعمل في تجهيز الكومبوست المستخدم لزراعة فطر عيش الغراب العادي ؛ وذلك عندما ترتفع حرارة هذا القش خلال عملية التخمر ، بينما تختفى الفطريات الأخرى التي 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 في شهري 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* في فترات ارتفاع الحرارة في شهر يونيو ، بينما ازداد وجودهما عند انخفاض الحرارة في شهري ديسمبر ويناير .

وفي 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) .

وفي بحث قام به المؤلف (Ahmed, 1983) على نباتات الشعير المزروعة في حقول بمنطقة Weende بمدينة جوتجن بألمانيا - تعرضت خلالها النباتات لدرجات حرارة تتراوح بين -5م° و 17,4م° ، ولرطوبة جوية تتراوح بين 54% و 95% - أظهرت النتائج عدم تأثر عشائر الفطريات الهيفية والخمائر الموجودة على سطوح الأوراق بانخفاض درجة الحرارة .

ويمكن لفطريات سطوح الأوراق الاستمرار في النمو حتى 6 درجات مئوية تحت الصفر (Brooks & Hansford, 1923) ؛ فعلى سبيل المثال وجد أن الفطر *Aureobasidium pullulans* ينمو حتى حرارة 1م° (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 المبدئي لمستعمرات البكتيريا التي 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 في انسياب العناصر الغذائية من الورقة التي ترجع إلى تقدم العائل النباتي في العمر (Tukey, 1971) . وفي هذا

المجال ، وجد (Last 1955 a) زيادة أعداد الخمائر الحمراء للجنس *Sporobolomyces* مع زيادة عمر الورقة .

وفى دراسة للمؤلف (Ahmed, 1983) لفطريات سطوح أوراق الشعير - تعرضت خلالها النباتات إلى أمطار وصلت إلى ٤٠ مليلتر يوميا - وجد أن أعداد الفطريات الهيفية والخمائر لم تتأثر معنويا . ولقد وجد ذلك أيضا (Warren 1972) ؛ حيث لم تتغير أعداد الخمائر البيضاء والحمراء وكذلك أعداد الفطريات الهيفية؛ مثل : *Cladosporium spp.* و *Aureobasidium spp.* على سطوح أوراق البجر .

وربما يرجع ذلك إلى التصاق هذه الأحياء الدقيقة جيدا على سطوح أوراق النبات ، وكذلك نموها أحيانا داخل غرفة الثغر (O Donnell & Dickinson, 1980). ويصاحب سقوط الأمطار ارتفاع الرطوبة النسبية ؛ حيث يؤدي ذلك إلى زيادة تجرثم الفطريات وانقسام خلايا الخميرة (Dickinson & O Donnell, 1977) .

وأيضا لم يجد (Fokkema et al 1979) أى تأثير للأمطار على أعداد الخمائر النامية على سطوح أوراق الشوفان ؛ وفسر ذلك (Phaff 1971) بأن هذه الخمائر تفرز مواد سكرية معقدة خارج الخلية *exocellular polysaccharides* تعمل على التصاق خلايا الخميرة على سطوح الأوراق ؛ مما يؤدي إلى عدم غسل هذه الخلايا خلال الأمطار .

٣ - عمر الحائل النباتي :

تنمو العشائر الفطرية - التي تظهر مبكرة على سطوح الأوراق - دون أن يعوقها منافسة غيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى . ولكن بعد أن تنمو عشائر الأحياء الدقيقة المختلفة ، فإنها تبدأ فى التنافس فيما بينها .

ولقد وجد (Dickinson 1965 , 1967) أن الأوراق الصغيرة الممر ينمو على سطحها عدد محدود من المستعمرات الفطرية بالمقارنة بالأوراق الناضجة أو التي تصل إلى مرحلة الشيخوخة . كما أوضحت الدراسات التي قام بها (Sharma & Mukerji 1972) أن الأوراق الخضراء اللقطن تنمو عليها عشائر لأنواع قليلة من الفطريات بالمقارنة بالأوراق الجافة التي تتساقط على الأرض وتحلل .

وفى دراسة ميكروسكوبية مباشرة لسطوح أوراق الدرة وجد المؤلف (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 إفرزات الأوراق ، مما يؤدي إلى 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* - والتي 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 *Epicoecum nigrum* تثبتت على الأوراق الخضراء ، إلا أن معدل نموها وتجربتها يكون منخفضا بالمقارنة بالنمو والتجربم على الأوراق فى مرحلة الشيوخوخة ، 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 . وأيضاً وجد (Dickinson & Moran-Jones (1966) زيادة الأطوار الكونيدية للفطر *Ascochyta obiones* على سطوح الأوراق الخضراء ؛ حيث ظهر أقصى نمو له فى شهرى مايو وسبتمبر ، بينما اختفت نموات هذا الفطر خلال شهرى يناير ومارس ، وحل محله الفطر *Fusarium* spp. ؛ ويبدل 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 المنزوع فى فصل الشتاء ؛ حيث كان

عدد هذه الخمائر منخفض خلال الشتاء، ثم زاد بعد ذلك في فصلي الربيع والصيف ، مع تقدم النبات في العمر وارتفاع درجة الحرارة .

كما قُدر (Menna (1959) أعداد عشائر الخمائر *Rhodotorula* و *Sporobolomyces* على سطح أوراق الحشائش العشبية في نيوزيلاندا ؛ حيث وجد نفس التوزيع السابق . ووجد (Dickinson (1967) أن الفطر *Ascochyta pinodes* من الفطريات المتخصصة في الانتشار على سطوح الأوراق المتقدمة في العمر للنبات الفاصوليا ، وعلى العكس من ذلك ، وجد (Hudson & Webster (1958) أن الفطر *Pullularia pullulans* من الفطريات التي تنمو مبكرا على أوراق نبات *Agropyron repens* .

وفي دراسة للمؤلف (Ahmed, 1983) على نمو مستعمرات الأحياء الدقيقة على أوراق الشعير ، وجد أن عشائر الفطريات الهيفية كانت أكثر في عددها من عشائر الخمائر على سطوح أوراق بادرات الشعير (مرحلة الأوراق الثلاثة) ؛ حيث كان العدد الكلي للفطريات الهيفية ٢١.٨ عشيرة ، يقابلها ثلاث عشائر خمائر فقط لكل سنتيمتر مربع .

ومع تقدم النبات في 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 *Candida hordei* و *Cryptococcus* spp. والخمائر الحمراء *Bullera aurantiaca* و *Sporobolomyces roseus* و البرتقالية .

وفي 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 الكلي للفطريات والبكتيريا المثبتة للأزوت الجوى لاتكافليا والاكثينوميسيتات بتقدم النبات في العمر .

ولقد وصل عدد هذه الأحياء الدقيقة إلى أقصى حد لها في مرحلة الإزهار والإثمار ، فعلى سبيل المثال عزي (Warren, 1973) هذه المشاهدة إلى تساقط حبوب اللقاح على سطح الأوراق (Fokkema, 1968) وإلى زيادة إفرازات

الأوراق بتقدمها في العمر (Bessems, 1974 ; Tyagi & Chauhan, 1984) . كما وجد (1973) Sharma & Mukerji زيادة إفراز أوراق الكريزاثشم للمواد الكربوهيدراتية عندما تبدأ البراعم الزهرية في التكوين ، وتصل إلى أقصى حد لها خلال مرحلة الإزهار .

ولقد تتبع المؤلف في 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 في أول عينة ورقية للبادرة عمر ثلاثة أسابيع كان ٩١١,٨ مستعمرة لكل سنتيمتر مربع من مسطح الأوراق، زاد في العينة الثانية - بعد ذلك بأسبوع - إلى ١٣١٩,٨ مستعمرة / سم^٢ . وفي 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 .

وفي مرحلة الإزهار ، انتشرت 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 في توفير مادة غذائية إضافية لهذه الفطريات (Fokkema, 1968) ، وإلى زيادة إفرازات الأوراق مع تقدمها في العمر (Tyagi & Chauhan, 1984) .

وعند حصر أجناس وأنواع الفطريات الموجودة على سطوح أوراق الذرة الشامية - خلال هذه الدراسة (Ahmed, 1988b) - وجد أن أكثر الفطريات شيوعاً هي الأنواع التابعة للجنس *Cylindrosporium* ؛ حيث كانت تمثل حوالي ٤٧,٦٪ من إجمالي الفطريات الهيفية ، تليها الأنواع التابعة للجنس *Fusarium* ؛ حيث كانت نسبتها حوالي ٢٩,٢٪ .

ولقد فسر (Last (1955) زيادة أعداد هذه العشائر الفطرية والخمائر على سطوح الأوراق مع تقدم النبات في العمر بزيادة المواد الغذائية المفترزة على سطح البشيرة .

وترجع هذه الزيادة فى الإفرازات الخارجية إلى كثافة عمليات البناء الضوئى ودورات لتمثيل الغذائى خلال مرحلة النمو الخضرى .

كما وجد (Tukey (1971) أن هذه الكفاءة العالية فى إفراز المواد الغذائية على سطح بشرة النبات تستمر حتى يصل النبات إلى مرحلة الشيخوخة .

وتتمو 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 لقطرات 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 تقوُب ناتجة عن اختراق أجزاء منها الماصة داخل أنسجة العروق . وتعتبر هذه التقوُب أحد مصادر خروج عصارة النبات التى تنمو عليها فطريات سطوح الأوراق. كما تنمو هذه الفطريات بكثرة على الإفراز العسلئ 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 النابعة لرتبة الميوكورات *Mucorales* .

٢ - الفطريات التى تنمو وتتجرثم على سطوح أوراق النباتات فى مرحلة تحللها ؛ ومن أمثلة ذلك : فطريات *Clacrisporium* ، و *Penicillium* ، و *Trichoderma* .

٣ - الفطريات التي توجد على سطوح أوراق النباتات خلال المراحل الأولى من تحللها ثم تختفى بعد ذلك ؛ مثل الأنواع التابعة للأجناس : *Ceratocystis* ، *Subulispora* ، و *Symptodiella* .

٤ - فطريات نادرة الوجود خلال المراحل الأولى من التحلل ، ولكنها تنشط وتوجد بوفرة خلال النصف الأخير من التحلل ؛ مثل الأجناس : *Cladosporium* ، *Toxotrichum* ، و *Dactylaria* ، و *Crimula* ، و *Condinaea* ، و *Chalara* ، و *Thysanophora* ، و *Oidiodendron* ، و *Verticillium* .

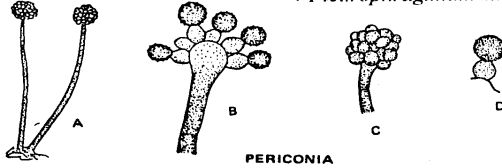
وينتشر الفطران *Subulispora* و *Pestalotia* على سطوح الأوراق الخضراء المعقمة خلال المراحل المبكرة جدا من تحللها ، بينما يوجد الفطر *Calcarisporium* على الأوراق المتحللة حديثا ، والفطر *Oidiodendrom* على الأوراق الميتة .

ولقد قسم (1968) *Yadav & Madelin* الفطريات المتجرمة والنامية على السيقان المتعفنة لنبات *Urtica dioica* إلى ثلاثة أقسام :

١ - الفطريات ذات التوزيع الغير متجانس : مثال ذلك فطريات : *Sphaerosporium* ، و *Cladosporium* ، و *Periconia cookei* ، و *Dendryphium comosum* .

٢ - الفطريات المنتشرة على الأجزاء العليا من النبات : مثال ذلك فطريات *Cladosporium herbarum* ، و *Alternaria tenuis* .

٣ - الفطريات المنتشرة على الأجزاء السفلى من النبات : مثال ذلك فطريات *Leptosphaeria acuta* ، و *L. doliohum* ، و *Torula herbarum* ، و *Pleurophragmium simplex* .



PERICONIA

شكل (٥ - ٢٤) : الحوامل الكونيدية (A) وقمة الحامل الكونيدى تحمل كونيدات (C . B) وكونيدة (D) للفطر *Periconia* .

ثانى عشر - توزيع الفطريات المترممة الأولية الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق :

تتعرض أوراق النباتات الحولية وكذلك أوراق الأشجار المعمرة دائمة الخضرة او المتساقطة الأوراق للشيخوخة ، سواء طبيعياً أم نتيجة لإصابتها بواحد أو أكثر من الفطريات الممرضة . وعلى الرغم من الأعداد اللانهائية من جراثيم الفطريات المختلفة التي تترسب على سطوح أوراق النبات ، فإن قليلا من هذه الفطريات ينجح فى النمو على سطوح الأوراق فى مرحلة الشيخوخة كترتمات ، ثم داخل الأنسجة النباتية بعد تساقط هذه الأوراق وتحللها .

وتعتبر مثل هذه الفطريات من المترمات الشائعة الانتشار على سطوح الأوراق common primary saprotrophs لعدد من الأشجار متساقطة الأوراق ، والشجيرات والأعشاب والنباتات النجيلية مثل محاصيل الحبوب ، وأيضاً 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 .

فعل 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 *Rhizopus* و *Fusarium* . ويطلق - عادة - على مثل هذه الفطريات أسم فطريات الحقل fungi field ؛ وذلك لأن هذه الفطريات تقطن سطوح أوراق النباتات الجيلية 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 المترمة 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 والدرار ash تهيئ الفرصة لنمو الفطريات المترمة 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 المترمة طبيعياً على سطوح النباتات المختلفة ، فعلى سبيل المثال توجد هذه الفطريات المترمة 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 - 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 الأحياء الدقيقة مترممت saprophytes ، إلا أن بعضها ممرض للنبات .

ومن الأمور الهامة التي تحدث على سطوح الأوراق كوموطن للفطريات . أن الفطريات الممرضة للنبات يلزم عليها أن تمر بفترة حرجة من النمو السطحي 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 السبئية التي قد يتعرض لها على سطح الورقة ، ولكن أيضا التضاد الحيوى والمنافسة على الغذاء من الأحياء الدقيقة الأخرى القاطنة لسطوح الأوراق ، بالإضافة إلى المقاومة الفعالة التي 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 ، والتي تودى فى النهاية إلى كبح جماحها . ويمكن - من الناحية العملية - تشجيع نمو هذه الأحياء الدقيقة القاطنة لسطوح الأوراق بحيث تقوم بمكافحة هذه الممرضات حيويًا .

وتؤثر الأحياء الدقيقة المترممة - خلال نموها - على القدرة المرضية للممرضات النباتية؛ وذلك من خلال تثبيط العدوى وتقليل معدل تكشف الممرض . فعلى سبيل المثال، وجد المؤلف وآخرون (Raafat el al, 1988) أن زيادة أعداد عشائر الفطريات الهيفية والخمائر على سطوح أوراق القمح يودى 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 لعدد 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 لاتكافئياً ؛ مثل : *Azotobacter* ، و *Azospirillum* (Yoshida, 1976) .

وفى دراسة 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 أيضاً أن جميع عزلات بكتيريا *Streptomyces* (٥ عزلات) وبكتيريا *Azotobacter chroococcum* قد ثبتت نمو الفطر الممرض *A. solani* ، بينما لم تظهر عزلات البكتيريا *Bacillus* sp. و *Micrococcus luteus* و *M. roseus* . وجميع عزلات البكتيريا العصوية القصبيرة الهوائية السالبة لجرام (ثلاث عزلات) أية قدرة تضادية للفطر الممرض .

وتوازن 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 يغطي 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. ، وبتزايد عددها ، وعندئذ تنقلص أعداد عشائر الفطر *A. pullulans* . ويقل نشاطه ، كما تتغلظ خلاياه وتصبح داكنة اللون .

وفى دراسة للمؤلف (Ahmed, 1988 b) على عشائر فطريات سطوح أوراق الذرة الشامية ، وجد أن عشائر الفطر *Aureobasidium pullulans* ظهرت بنسبة 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 تماماً 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 *Epicoceum spp.* محدودا .

كما لاحظ (Hudson (1968) تضاعف أعداد مستعمرات الخمائر من الجنس *Sporobolomyces* إلى ٤ - ٥ أضعاف أعدادها 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 دراسة قام (Fokkema (1971) على أوراق نبات الشيلم خلال مرحلة الإزهار وجد أن حبوب اللقاح تعمل على زيادة نمو الفطريات الممرضة والمتردمات 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 المتردمات 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 المتسابة من حبوب اللقاح على نفس الأوراق السابقة .

ولقد ذكر (Webster & Dix (1960) أن التنافس بين فطريات سطوح النباتات - 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 - تأثير فطريات سطوح الأوراق على إسرء شيخوخة الأوراق :

ناقش كثير من الباحثين النمو الكثيف لعشائر الفطريات على سطوح عديد من نباتات الحقل وتأثيرها على إسرء 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 يؤدي إلى انهيار
 محتواها من الكلوروفيل ؛ فيقل معدل التمثيل الضوئي ، وينخفض المحصول . وقد
 شوهدت أعراض تبقع الأوراق واصفرارها في مثل هذه الأوراق ؛ حيث أطلق
 Dickinson (1981) على هذه الفطريات اسم المتطفلات الاختيارية facultative
 parasites .

وفي دراسة للمؤلف (Ahmed, 1983) على دور فطريات سطوح أوراق الشعير
 على الإسراع من شيخوخة الأوراق تحت ظروف الصوبة ، تم اختبار ثلاثة فطريات ؛
 هي : *Cladosporium cladosporioides* ، و *C. herbarum* ، و *Alternaria*
alternata تحت ظروف الرطوبة النسبية العالية (٨٠ ٪) وحرارة ١٨م .

وأظهرت نتائج الدراسة السابقة ظهور أعراض على المجموع الخضري لنباتات
 الشعير المعاملة بهذه الفطريات ؛ حيث اصفرت الأوراق نتيجة تدهور الكلوروفيل ، كما
 ظهرت بقع بنية على أنصال الأوراق ، وتشوهت سفا السنابل ، واصفرت السيقان ،
 وماتت النباتات ، وخاصة تلك المعاملة بالفطر *A. alternata* .

ولقد ذكر عديد من الباحثين القدرة المرضية للفطر *A. alternata* ؛ وذلك
 للنباتات المنزرعة تحت ظروف الصوبة (Huguélet & Kiesling, 1973) ،
 وأيضاً كمسبب مرضى لأوراق الشعير (Dhanraj, 1970) ، ولعديد من
 العوائل النباتية الأخرى ؛ كالدخان (Stavelly et al., 1971) ، والقمح
 (Siddaramaiah et al., 1979) ، بالإضافة إلى البطاطس ، والورد ،
 وبنجر السكر ، والطماطم (Dickinson, 1981) .

وفي هذه الدراسة (Ahmed, 1983) ظهرت على أوراق الشعير بقع بنية على
 أنصال الأوراق ، يبلغ قطرها حوالي ملليمترين أو أقل . ولوحظ أن هذه البقع تتحد مع
 بعضها مكونة مساحة كبيرة من أنسجة ميتة تغطي نصل الورقة ، وخاصة في 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* موتاً

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 أوكسينات وإنزيمات محللة ونواتج ثانوية من تمثيلها الغذائي تضر بالنبات (Petrini et al., 1979) . فعلى سبيل المثال ، وُجد 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 قادرة على اختراق الأنسجة والإضرار بخلايا العائل النباتي (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 *A. alternata* و *C. cladosporioides* تحتاج إلى مدّة تتراوح بين ٧ أيام و ١٤ يوما لكي تنمو داخل غرف الثغر ، ثم إلى أسبوع آخر حتى تتكوّن البقع الميتة .

ولقد وجد المؤلف (Ahmed, 1983) في 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 ممرضاً لأنسجة النبات .

ويؤدي النمو الكثيف لهيفات الفطر *A. alternata* إلى حجب الضوء الساقط على الأوراق بنسبة قد تصل إلى ٢٥ % ؛ مما يقلل من عملية التمثيل الضوئي للأوراق (Tedders & Smith, 1976) . كما أن نمو هيفات الفطر على سطح الورقة يؤدي إلى هدم الكلوروفيل والإسراع من شيخوخة الأوراق .

ولقد وُجد - أيضا - أن هذه الفطريات النامية على سطوح الأوراق تقوم بتحليل الشموع والكيوتين (Klug & Ruinen, 1966 ; Heinen & De Vries, 1966 ; Markovetz, 1971) ؛ مما يساعد على زيادة النتج ، ويسرع من شيخوخة الأوراق (Bell, 1974) .

وفي 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 في اسراع 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 يوماً ؛ حيث تم قياس كمية الكلوروفيل كل يومين كمييار لشيخوخة الأوراق (Moore & Lovell, 1970) .

وفي 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 الكلوروفيلي للأوراق المختبره والإسراع من شيخوختها .

وعند حساب معامل الارتباط بين زيادة أعداد الفطريات المختبرة ونقص الكلوروفيل ، ظهرت معنويته في حالة الفطر الممرض *D. maydis* ، وأيضاً في حالة أحد فطريات سطوح الأوراق وهو *F. solani* ؛ بحيث سبب الفطران السابقان إسراع شيخوخة أوراق الذرة الشامية معنوياً . ولقد وجد بعض الباحثين أن الفطرين السابقين يمكنهما إفراز توكسينات ضارة بالنبات (Kern & Naff-Roth, 1965) .

خامس عشر - 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 في تفسير حالات تثبيط بعض الفطريات الممرضة للنبات في مرحلة نموها السطحي epiphytic phase على أوراق عوائلها النباتية .

ففي بعض الحالات ، وجد أن الفطريات القاطنة لسطوح الأوراق تقوم بأفراز بعض المواد المثبطة لنمو بعض الفطريات الممرضة للنبات . فعلى سبيل المثال ، وجد (1974) Pace & Campbell أن الفطر *Aureobasidium pullulans* والفطر *Epicoccum purpurascens* من الفطريات الشائعة الانتشار على سطوح أوراق بعض النباتات الصليبية ، وهذا يجعلها تضاد الفطر الممرض الجرحى *Alternaria brassicicola* .

ولقد قام الباحثان السابقان بعدوى أوراق الكرنب - بعد جرحها - بالفطر الممرض السابق بالإضافة إلى فطري 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 فطري سطوح الأوراق السابقان على خفض القدرة المرضية للفطر الممرض *A. brassicicola* إلى نموها السريع على سطوح الأوراق ، وزيادة نشاطها الحيوي بما يجعلها منافسين على المواد الغذائية الموجودة على سطوح الأوراق . وهذا يفسر زيادة هذا التأثير التنافسي عند إضافة لقاحها قبل الفطر الممرض بمدة حوالي ١٤ ساعة .

وقد يرجع سبب هذه القدرة التنافسية للفطرين *A. pullulans* و *E. purpurascens* إلى إفراز مواد تثبيط نمو الفطر الممرض لأوراق الكرنب ، حيث أمكن خفض شدة الإصابة إلى النصف عند إضافة مترشح البيئة النامي عليها الفطر *A. pullulans* إلى لقاح الفطر الممرض قبل العدوى مباشرة .

سادس عشر - فطريات سطوح الأوراق والمكافحة الحيوية :

يمكن اعتبار التضاد الحيوي 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 الطبيعي للفطريات القاطنة لسطوح الأوراق ؛ للحد من

النشاط الضار للفطريات الممرضة ، بما يمكن أن يطلق عليه أسم مكافحة 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 المترمة القاطنة لسطوح
 أوراق النباتات فى مكافحة الحيوية للفطريات الممرضة تعتمد على سلوك هذه
 الفطريات الممرضة على سطوح الأوراق . فالفطريات الممرضة التى تقضى الفترة
 الأولى من حياتها - قبل اختراق عائتها النباتى - على صورة هيفات تنمو على سطح
 الأوراق ، مستفيدة من المواد الغذائية المفرزة خارجياً على سطوح هذه الأوراق
 تتعرض لمنافسة الفطريات المترمة ، بينما تهرب الفطريات الممرضة التى تخترق
 بشرة النبات بعد إنبات جراثيمها مباشرة من تلك المنافسة .

وعلى أية حال ، يودى اللجوء إلى هذه المكافحة الطبيعية (الحيوية) إلى تقليص
 استخدام المركبات الكيميائية 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 لعدد 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 ، وتحدد من
 قدرته المرضية .

وعند رش المطهر الفطرى **Benomyl** على أوراق هذه النباتات ، فإنه يؤثر على
 فطرى سطوح الأوراق السابقين ، ويقل نشاطهما الحيوى ؛ تاركين 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 ان الفطر (*Ochliobolus*) مقاوم لفعل المطهر الفطري **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 التي تم رشها بالمطهر الفطري **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 التي تم رشها بالمطهر الفطري إلى حوالى ألف وحدة فقط .

وتوضح التجربة السابقة الدور السلبي الذى يسببه رش المجموع الخضرى بالمطهرات الفطرية على أعداد عشائر الفطريات المترمة القاطنة لسطوح الأوراق ، مما يقلل من الدور الحيوى الهام الذى قد تقوم به فى الحد من نشاط بعض الفطريات الممرضة للنبات .

سابع عشر - 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 متحلله 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 بيتون - إلى سطح الأوراق . ويعتبر التأثير المشجع لزيادة تكوين أعضاء الالتصاق على سطوح الأوراق في وجود البكتيريا هو رد فعل طبيعي للخطر المرض تجاه الفعل التحليلي البكتيري .

ومن ناحية أخرى ، يؤدي الجفاف ونقص المواد الغذائية على سطوح الأوراق إلى زيادة تكوين أعضاء الالتصاق . ويعمل سلوك الفطر الممرض في زيادة تكوينه لأعضاء الالتصاق على احتفاظه بحياته على المدى القصير ، خلال المرحلة الأولى من العدوى ، والتي يطلق عليها اسم الطور السطحي epiphytic phase .

ويجب ملاحظة أنه في مثل هذه الحالات ، فإن إضافة المواد الغذائية تؤدي إلى زيادة نمو أنبوب الإنبات وتكوين هيفات سطحية تحصل عددا قليلا من أعضاء الالتصاق . وحيث إن الإصابة تتم من خلال تكوين أوتساد العدوى infection pegs المتكونة من خلال أعضاء الالتصاق ، فإن إضافة المواد الغذائية - في مثل هذه الحالات - قد يؤدي إلى انخفاض الإصابة .

وهناك العديد من الفطريات الفاتنة لسطوح الأوراق المفردة 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 في الطبيعة .

ومن ناحية أخرى ، يبدو أن إنتاج المضادات الحيوية بواسطة بكتيريا سطوح الأوراق ليس شائعا ، إلا أن بعض البكتيريا يمكنها إفراز ببتيديات ذات تأثير مضاد لنشاط الفطريات antifungal peptides ، وذلك تحت ظروف التجارب المعملية على الأقل . ويؤدي 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 في رقم حموضة الوسط الذي تنمو عليه . ففي الفطر *Septoria nodorum* يتم تثبيط إنبات الجراثيم عند انخفاض رقم الحموضة لأقل من 6.0 pH ، حيث تفشل جراثيم هذا الفطر الموجودة على حواف مستعمرة الفطر *Botrytis cinerea* في الإنبات . ويرجع ذلك إلى انخفاض رقم الحموضة عند حواف مستعمرة الفطر السابق ، الذي يعتبر من الفطريات الفاتنة لسطوح الأوراق .

ثامن عشر - المواد المفرزة من أوراق النبات ذات التأثير المثبط لنمو الفطريات :

تفرز بعض النباتات مواد مثبطة للنمو الفطري fungistatic substances تسبب وقف إنبات الجراثيم ، أو الحد من نمو أنابيب الإنبات . ومن أكثر المواد المثبطة التي تفرزها النباتات شيوعاً الفينولات phenols التي 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 كمرسب مضاد للفطريات antifungal component في قطرات الندى المأخوذة من على سطوح أوراق أشجار الاسفندان sycamore . ويتم تكوين هذا الحمض من خلايا الورقة ، ثم يفرز إلى السطح الخارجي .

وتلعب شموع كيتوكل سطح الورقة دوراً في تثبيط نمو الفطريات الممرضة ، فلقد وجد أن المواد القابلة للذوبان في الأثير الحامضي من شموع أوراق التفاح ذات تأثير مثبط على نمو فطر *Podosphaera leucotricha* المسبب لمرض البياض الدقيقي في التفاح . كما تؤثر الصفات الطبيعية لشموع الكيتوكل على معدل إفراز المواد المغذية والمضادة لنشاط الفطريات ، حيث تقلل الشموع الكارهة للماء hydrophobics من إفراز هذه المواد إلى السطح الخارجي للأوراق .

وعلى ذلك فهناك علاقات متشابكة شديدة التعقيد بين الفطر الممرض وعائلته النباتي وفطريات سطوح الأوراق والمثبطات المفرزة والبيئة المحيطة . وما زالت هذه العلاقات المتشابكة مجهولة في مجملها ، ومن الصعب دراستها في منظومتها الطبيعية ، إلا أن النتائج المتاحة تشير إلى أن الفطريات المترمة القاطنة لسطوح الأوراق تعمل كعامل منظم ومحدد لسلوك الفطريات الممرضة للنبات .

تاسع عشر - تحلل الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبريات :

تختلف المدة الزمنية المحصورة بين تساقط أوراق الأشجار على سطح التربة وتحليلها تحليلاً كاملاً . فعلى سبيل المثال تحتاج الأوراق الإبرية في غابات الصنوبريات الموجودة في المناطق المناخية الباردة إلى حوالي عشر سنوات أو أكثر

لتحليل أوراقها الإبرية ، بينما تقل هذه المدة إلى سنة واحدة فى أشجار الدردار ، وتصل إلى أسابيع قليلة فى أشجار الغابات الاستوائية .

ومن المعروف أن الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبريات شديدة الصلابة وبطئنة التحلل . وتتساقط هذه الأوراق - عادة - خلال شهرى أغسطس وسبتمبر ، ثم تتراكم بكميات كبيرة على سطح الأرض فى طبقات متراسة بعضها فوق بعض ، تزداد عاما بعد عام .

ويمكن تقسيم طبقة الأوراق المتساقطة على سطح الأرض تقسيما رأسيا ، تبعاً لعمر هذه الطبقات ومرحلة تحلل أوراقها . وتعتبر الطبقة السطحية الحديثة (L) هى أولى هذه الطبقات ، يليها لأسفل الطبقات (F1) و (F2) ثم (H) ؛ وهى أقدم الطبقات عمرا وأكثرها عمقا .

وتتكون الطبقة (L) من الأوراق الإبرية المتساقطة حديثا ، والتي لم تبدأ بعد فى التحلل . وتتميز هذه الأوراق بلونها الذى يتراوح بين البنى الفاتح إلى الباهت ، بينما تكون الأوراق الأقدم عمرا ذات لون داكن .

وتبقى الأوراق فى هذه الطبقة حوالى ستة شهور محتفظة بمقاومة عالية للشد high tensile strength ، وذات محتوى منخفض من الرطوبة . وتتميز هذه الطبقة بأنها مفككة وغير مندمجة ، وتتعرض عادة للجفاف ؛ مما يجعلها غير مهيئة لنمو 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 الإبرية بشكلها 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 السابقة ، حيث تظهر الأوراق بلون رمادى . وتكون عادة مفتته نتيجة تحلل أنسجتها الداخلية . وتشاهد على هذه الأوراق كتل من براز الحيوانات الصغيرة microfauna ، حيث تنشط هذه الكائنات فى هذه الطبقة من الأوراق وتساعد على تحللها .

ويزداد نشاط الحيوانات الصغيرة فى الطبقة السفلى (H) ؛ حيث تزداد كتل برازها على الأوراق الإبرية المتحللة ، كما تنمو هيفات الفطريات بغزارة على كل

من الأوراق الإبرية وكتل براز الحيوانات الصغيرة . وتعتبر هذه الطبقة هى احمر 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 تتباين 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 الإبرية ، 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 لتالى .

وتتمو 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 أضررت 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 ، وبالتالي 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 للسيلولوز ، الذى يسبب تحلل أنسجة الورقة حتى تتحول إلى هيكل من الأنسجة الملجننة المغطاة بالبرشرة الشمعية .

ومن الفطريات الأخرى النامية على سطوح الأوراق الإبرية الفطر *Lophodermium pinastri* الذى يكون بقعا ذات حدود داكنة اللون *pigmented diaphragms* على طول الأوراق الإبرية ، تحدد أماكن انتشار مستعمرته الفطرية (شكل ٥ - ٢٥ - a) .

وتهاجم الفطريات المترمة 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 النباتات الصناعية فى المعمل ، ويعتقد أن هذه المضادات الحيوية تلعب دورا فى وقف نمو الفطريات المترمة على سطوح الأوراق .

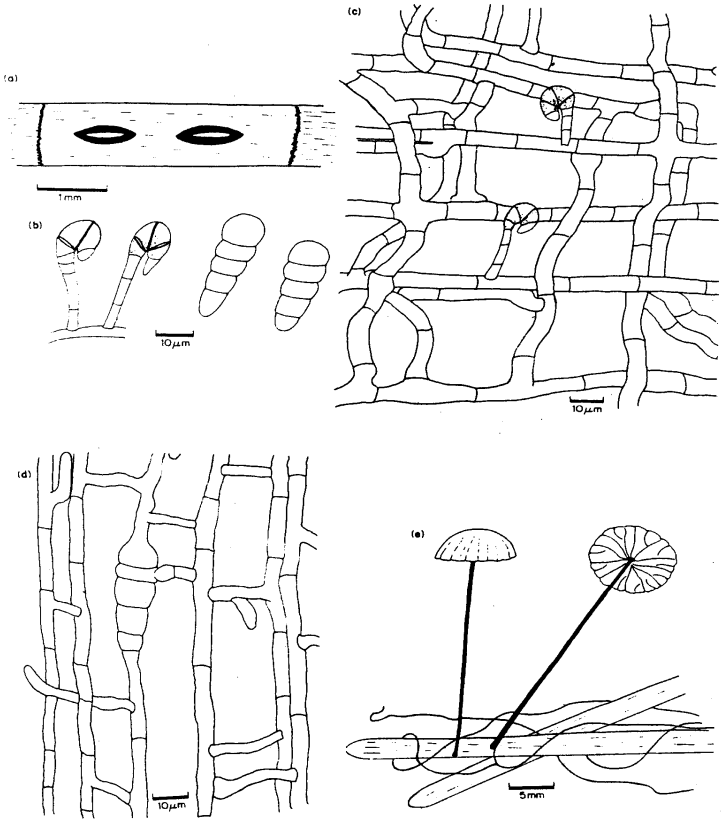
ويتراوح عمر الأوراق الإبرية المتساقطة - عادة - بين سنتين وثلاث سنوات ، حيث تتساقط هذه الأوراق خلال شهرى اغسطس وسبتمبر . وينمو على مثل هذه الأوراق الفطر *Lophodermium pinastri* ، بينما ينمو الفطر *Sclerophoma pithiophila* بقلة .

وبعد تساقط هذه الأوراق الإبرية مباشرة ، تنمو على سطحها شبكة من النوات الهيغية 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 ، وبالتالي 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 كوندياتسه من الوساد الهيغية 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 . وتزيد أعداد هذه الحيوانات الصغيرة على الأوراق الإبرية مع زيادة رطوبتها خاصة فى الطبقة (F1) . 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 يكون الفطر *I. 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 .



- شكل (٢٥ - ٥) 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 إبرية لأشجار الصنوبر .
- d = جرثومة أسكية وشبكة من النموات الهيفية للفطر *Kriegeriella mirabilis* على سطح ورقة إبرية لأشجار الصنوبر .
- c = أشعال جذرية تشبه الخيوط thread-like rhizomorphs وجسمان ثمريان للفطر *Marasmius androcaceus* . مكونان على الأوراق الإبرية لأشجار الصنوبر (عن Hudson, 1986) .

وتلعب الحيوانات الصغيرة microfauna دوراً فعالاً في الطبقة (F2) التي 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 في نموها مهاجمة الأنسجة الداخلية للأوراق الإبرية ؛ مثال ذلك الفطران *D. acicola* و *L. pinastri* .

وبلاحظ أن جزيئات الأوراق الإبرية التي لا تصاب بالفطريات الداخلية السابقة تصبح عرضة لمهاجمة الفطريات المترمة القاطنة لسطوح الأوراق ، مثال ذلك *Penicillium* spp. و *Trichoderma* spp. ، بالإضافة إلى بعض فطريات عيش الغراب الخيشومية القاطنة للأوراق الإبرية .

وتبقى الأوراق الإبرية للصنوبر في هذه الطبقة (F2) لمدة حوالى سبع سنوات ، حيث تقوم الفطريات والحيوانات الصغيرة بتحليلها ، فينخفض وزنها تدريجياً ، ثم تتحول بعد ذلك إلى طبقة دبالية humus layer .

وعلى أية حال ، مازال الدور الذي تقوم به فطريات عيش الغراب الخيشومية في تحليل الأوراق الإبرية للأشجار الصنوبرية مجهولاً ، ولكن يعتقد أن هذه الفطريات تشارك في تحليل السيليلوز واللجنين في المراحل النهائية لتحليل هذه الأوراق .

ومن أكثر فطريات عيش الغراب الخيشومية الدقيقة شيوعاً على الأوراق الإبرية للصنوبر الفطر *Marasmius androsaceus* والذي يطلق عليه - عادة - اسم فطر عيش غراب شعرة الحصان Horse hair fungus ؛ نظراً لأن ساقه نحيلة وطويلة ذات لون أسود لامع تشبه شعرة الحصان .

وينمو هذا الفطر على الأوراق الإبرية بعد تساقطها بفترة قصيرة مكوناً أشكالاً جذرية (ريزومورفات) قطنية الشكل cotton-like rhizomorphs سوداء اللون ، نامية من عشيرة الفطر على أوراق الصنوبر القديمة في الطبقات السفلى . وتقوم هذه الأشكال الجذرية بربط الأوراق الإبرية ببعضها في 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 مسبباً تحللاً داخلياً كاملاً 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 سنوياً . 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 تنتشط 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 (Hedger 1990) 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 أجساماً ثمرية دقيقة الحجم 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 أشكالاً جذرية هوائية أكثر سمكا من الفطر السابق ، سوداء اللون ، تحمل أجساماً ثمرية بنية رمادية .

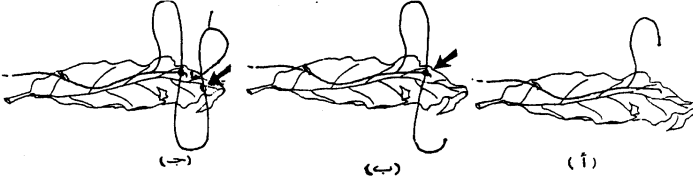
وتنتشر الأشكال الجذرية للفطر *M. nigrobrunneus* فى غابات الاكواردو الاستوائية، لدرجة أن طيور الطنان Humming birds تقوم بجمعها لبناء عشوشها منها . وتستكمل هذه الأشكال الجذرية نموها داخل عشوش هذا الطائر مكونة أجساماً ثمرية رهيبة ، تجعل من عش الطائر حديقة معلقة من ثمار عيش الغراب .

وتتميز فطريات عيش الغراب السابقة من الجنس *Marasimus* بالية مبتكرة الالتقاط أوراق الأشجار والفروع الميتة التى يدفعها الهواء ، حيث يتم ذلك عن طريق نسج مصبدة محكمة على هيئة شبك من الأشكال الجذرية ، تتدلى من أوراق قمم الأشجار فى تلك الغابات الاستوائية ، بعيداً عن منافسة الفطريات الأخرى على أرض الغابة .

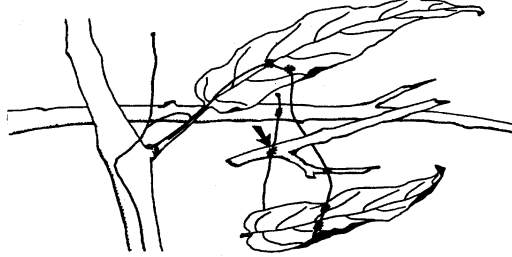
ويتم تكوين تلك المصائد الشبكية عن طريق نمو خيط من الشكل الجذرى لأحد فطريات عيش الغراب التابعة للجنس *Marasmius* ، حيث يأخذ مساره على طول العرق الوسطى لأحد أوراق الشجرة حتى قرب نهايتها ، ثم يتوف عن النمو متجهاً إلى أعلى فى نمو رأسى لمسافة قصيرة ، ثم يعود ليتدلى إلى أسفل حتى يقابل النمو الاقنى للشكل الجذرى على سطح الورقة مرة أخرى .

ويعود الشكل الجذرى ليستكمل نموه لأسفل ، مكوناً لفة أخرى ، ويعود مرة ثالثة إلى سطح الورقة ليقابل النمو الأفقى السابق ، وهكذا حتى تتكون عدة حلقات من الشكل الجذرى تأخذ فى النهاية شكلاً شبكياً (شكل ٥ - ٢٦) . وتقوم هذه الشبكة بإصطياد أوراق الأشجار والأغصان الميتة (شكل ٥ - ٢٧) .

وتدل التراكمات 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 الجذري أفقيا على سطح ورقة حبة من أوراق الأشجار، ثم نمو فرع من الشكل الجذري عموديا لأعلى ثم عودته لأسفل (أ) حيث يلتقي مرة أخرى بالنمو الأفقي على سطح الورقة (ب) ، ويعود الشكل الجذري للنمو الرأسى لأسفل والعودة إلى سطح الورقة مرة أخرى (ج) ، حتى يتم تكوين شبكة من النموات فى فترة حوالى أسبوع (طول الخط الأسود عند ج = سنتيمترا واحدا) .



شكل (٥ - ٢٧) : رسم يوضح المرحلة النهائية لتكوين حلقة صائدة لأوراق الأشجار والأغصان الميتة التى تتعلق بالأشكال الجذرية للفطر عيش الغراب (*Marasmius spp.*) القاطن لأعلى الأشجار فى الغابات الاستوائية . لاحظ نمو هيفات الفطر من الأشكال الجذرية على الورقة الميتة والغصن الميت (المهم) .

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 monspeliensis, 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. Dissertation, 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 Riyadh, Saudi Arabia. Bulletin of the Faculty of Science, Riyadh 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 microorganisms (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. 1 (Ed. Dickinson, C. H. and G. J. F. Pugh), 37 - 67.
- Bessemis, E. P. M. (1974). Nitrogen fixation in the phyllosphere of gramineae-Agric Res. Epts. 786. Center of Agric. Pub. Domcumentation, Wageningen.
- Bewley, R. J. F. and R. Campbell (1980). Influence of zinc, lead and cadmium pollutants on the microflora of hawthorn 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 straw. *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 straw 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 dioxide 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 leaf 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 Press.

- 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. Precece and C. H. Dickinson (Eds.). *Ecology of Leaf Surface Microorganisms*, pp. 211 - 219 . Academic Press, London.
- O'Donnell, 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* (Precece, 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 sporophytes and pathogens on aerial plant surfaces. In *Microbiology of aerial plant surfaces* (Ed. Dickinson, C. H. and T. F. Precece, 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 limitations. *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 histata* 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 .
- Herring, 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. Br. 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-spores 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 decaying stems of *Agropyron repens* . Trans. Br. mycol. Soc., 41 : 165 - 177 .
- Huguet, J. E. and R. L. Kiesling (1973) . Influence of inoculum 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 continuously 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.
- Kuthubtheen, A. J. and G. J. F. Pugh (1978) . Effect of fungicides on physiology 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 arial 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 .

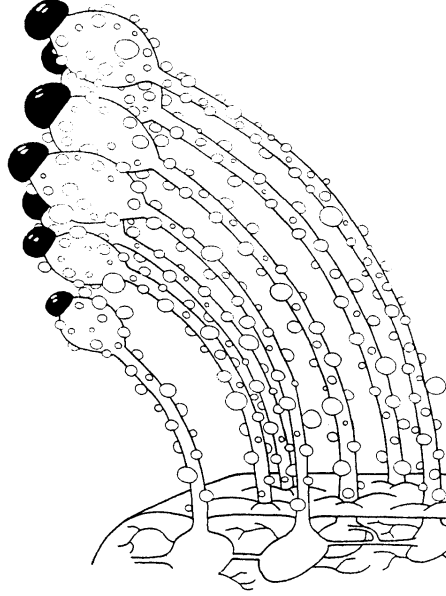
- Moubasher, A. H. and A. F. Moustafa (1974) : Air-borne fungi at Assiut, Egypt. The Egyptian Journal of Botany. 17 : 135 - 149 .
- Moubasher, A. H. : M. A. Elnaghy and H. M. Abd El-Fattah (1971) . Citrus plantation fungi in upper Egypt. Trans. Br. mycol. Soc., 57 (2) : 289 - 294 .
- Moustafa, A. E. (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 pullulans* . 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 *Aliernaria 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 grünen 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, against *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 neglected milieu. Plant and Soil. 15 : 81 - 109 .
- Ruinen, J. (1966) . The Phyllosphers. II. Cuticle decomposition by micro-organisms in the phyllosphere. Annals del Inst 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 .
- Ruscoc, Q. W. (1971) : Mycoflora of living and dead leaves of *Nothofagus 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 blackspot 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 (1 - 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. Seshavaram (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) . Micrometeorology. 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 genera. 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 determined 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 annum* 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 *Cladosporium 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 dissemination 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 السروث

Coprophilous Fungi

مقدمة :

يعتبر روث الحيوانات الاكلة العشب مادة عضوية غنية صالحة لنمو عدد كبير من الفطريات التي تجد فيه بيئة مناسبة لنموها وتكاثرها . ويحتوى الروث على البقايا غير المهضومة من الأعشاب التي تتغذى عليها هذه الحيوانات ، وكذلك الحال فى زرق الطيور ، وقطيرات براز بعض مفصليات الأرجل والحيوانات الأخرى اللاقارية .

وتوجد - عادة - فى الروث كميات عالية نسبيا من المواد الكربوهيدراتية القابلة للاستفادة بواسطة هذه الفطريات ، موجودة فى صورة مواد عضوية قابلة للذوبان فى الماء، بالإضافة إلى هيميسليلوز، وأيضا مواد غير ذائبة؛ مثل السيليلوز واللجنين.

ويحتوى الروث على نسبة عالية من النتروجين ، قد تصل إلى أعلى من ٤% ، معظمه ناتج من تحلل الأعداد الضخمة من العشائر البكتيرية والبروتوزوا خلال مراحل الهضم . ويعتبر الروث غنياً 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 المجتررة - 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 والتالفة 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 *Coprimus* وتكوين أعضائه التكاثرية (الأكياس الإسبورانجية sporangia) ؛ حيث يتم تخليق هذا المركب بواسطة بعض الأكتينوميستات والبكتيريا والفطريات الموجودة فى الروث .

وتضم فطريات الروث Fungi (Fimicolous) Coprophilous أفرادا من جميع المجماع 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) المجماع 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 مناسباً لإجراء مثل هذه الدراسة ؛ مثل روث الخيل ، أو كتل براز الأغنام

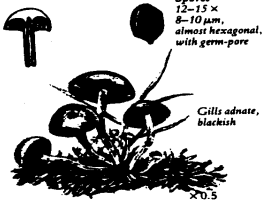
أو الأرانسب . وتكفي كميات صغيرة من هذا الروث لدراسة مثل هذه الفطريات ، ولكن يجب أن يكون الروث طازجا وكاملا ؛ حيث يوضع في اناء زجاجي فوق ورق ترشيح رطب ، وتفحص النوات الفطرية يوميا باستعمال عدسة مكبرة أو مجهر .

جدول (٦ - ١) : أهم الأجناس التابعة لفطريات الروث ، ووضعها التسمي .
(عن Dix & Webster, 1995) .

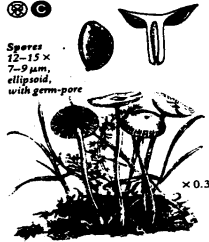
أهم الأجناس Genera	الرتب التابعة لها Orders	الطائفة Class
<i>Mucor</i> , <i>Phycomyces</i> , <i>Pilaira</i> , <i>Pilobolus</i> <i>Utharomyces</i> , <i>Chaetocladium</i> , <i>Piptocephalis</i> , <i>Syncephalis</i> , <i>Kickxella</i>	Mucorales	١ - طائفة الفطريات الزيجية Zygomycetes
<i>Ascobolus</i> , <i>Iodophanus</i> , <i>Cheilymenia</i> <i>Coprobia</i> , <i>Lasiobolus</i> , <i>Ryparobius</i> , <i>Saccobolus</i> , <i>Thelebolus</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Coniochaeta</i> , <i>Hypocopra</i> , <i>Lasiosordaria</i> , <i>Podospora</i> , <i>Poronia</i> , <i>Sordaria</i> , <i>Deltschia</i> , <i>Trichodeltschia</i> , <i>Sporomielia</i> , <i>Tiennotida</i> (<i>Sphaeroaemella</i>) .	1. Pezizales 2. Sphaeriales 3. Pleosporales 4. Microascales	٢ - طائفة الفطريات الأنسكية Ascomycetes
<i>Bolbitius</i> , <i>Conocybe</i> , <i>Coprinus</i> , <i>Panaeolus</i> <i>Psathyrella</i> , <i>Psilocybe</i> , <i>Stropharia</i> , <i>Sphaerobolus</i> , <i>Cyathus</i> , <i>Stibella</i> , <i>Arthrobarrys</i>	Agaricales Nidulariales Moniliales	٣ - طائفة الفطريات الجازيدية Basidiomycetes ٤ - طائفة الفطريات الناقصة Deuteromycetes

ويبدأ ظهور الأطوار الجرثومية لهذه الفطريات بعد فترة تحضين قصيرة ؛ حيث يشاهد عالم رطب ملي بالأشكال المختلفة والتراكيب الرائعة لفطريات جعلت من هذه البيئة موطنها لها ، ولا تعرف لنفسها موطنها آخر . ويستخدم لتعريف هذه الفطريات مفتاح وضعه الباحثان (Richardson & Watling , 1968 , 1969) ، وهو مازال مفيدا حتى الآن للتعرف على الأنواع المختلفة من هذه الفطريات .

Panicomyces coprophila



Bolbitius vitellinus
Yellow cow-pat toadstool



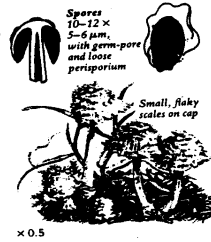
Conocybe pubescens



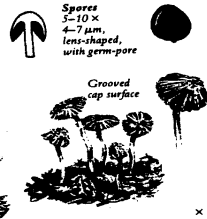
P. merdaria



Coprinus narcoticus



C. patouillardii



شكل (٦ - ١) : بعض فطريات عيش الغراب النامية على الروث .

Conocybe rickenii (C) (C)



Coprinus niveus (C) (F)



Coprinus radiatus



Dung roundhead



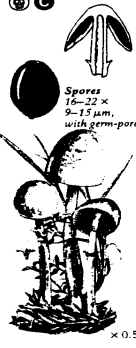
Panaeolus campanulatus



P. sphinctrinus
Grey mottle gill



P. semiovatus
Dung mottle gill



شكل (٦ - ٢) : بعض فطريات عيش الغراب النامية على الروث .

أولا - تأقلم فطريات الروث مع بيئتها :

تختلف هذه الفطريات فيما بينها من الناحية التصنيفية اختلافا كبيرا . ولكن بجمعها انها استطاعت - بمهارة فائقة - التأقلم مع الحياة في هذه البيئة الخاصة ، مغيرة فسي تراكيبها الفطرية وسلوكها العام ؛ بحيث يمكنها استكمال دورة حياتها بنجاح تحت هذه الظروف الصعبة التي 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 التي تنمو عليها الحوامل الجرثومية .

ولا يتم قذف هذه الجراثيم عشوائيا ، بل تقذف دائما ناحية مصدر الضوء ؛ حيث ان حوامل هذه الفطريات تتنحى 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* ، وفي قمم الأكياس الأسكية التي تطلق جراثيمها الأسكية بقوة كما في الجنس *Ascobolus* ، وأيضا في سيقان أعناق الأجسام الثمرية الدورية للفطر *Podospora* ، وكذلك في سيقان الأجسام الثمرية البازيدية لفطر عيش الغراب ذى القبعة الحبرية *Coprinus* .

وتحتوى القذيفة التي تطلقها بعض فطريات الروث بعيدا في الهواء على عديد من الجراثيم ، ففي فطر قاذف القبعة *Pilobolus* يقذف الفطر الكيس الأسبورانجي كله بقوة ، بينما في الجنسين *Ascobolus* و *Podospora* يقذف الكيس الأسكى ثمانية جراثيم أسكية دفعة واحدة ، بما يشبه البندقية الآلية . ويختلف حجم القذيفة الفطرية تبعاً لنوعها ؛ فالأكياس الأسبورانجية كبيرة الحجم عادة ، بينما حجم الجراثيم الأسكية صغير نسبيا ، وكلما قلت حجم القذيفة انخفضت مقاومة الهواء وزادت مسافة قذفها في الهواء .

وتتميز هذه القذائف الفطرية بلزوجة سطحها ، أو وجود بعض التراكييب الفطرية

اللزجة عليها ؛ حيث يساعدها ذلك على الالتصاق بسرعة بالأجسام الصلبة التي تحيط بها بمجرد الارتطام . وفي الطبيعة تلتصق هذه الوحدات الفطرية بأوراق وسيقان النباتات والأعشاب من حولها ؛ حيث يمكنها البقاء لفترات طويلة محتفظة بحيويتها ، وصامدة في مكانها حتى تحت ظروف الأمطار الشديدة .

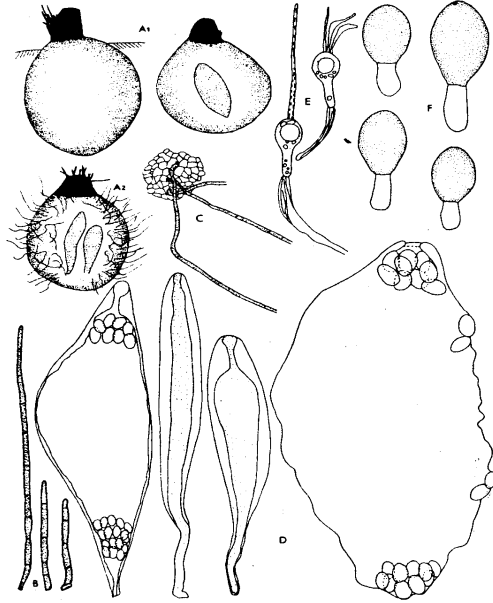
وعادة ما تكون جراثيم هذه الفطريات داكنة اللون ؛ فعلى سبيل المثال تتميز الجراثيم البازيدية للفطريات التابعة لرتبة الأجاريكالات - التي تنمو على روث الحيوانات العشبية مثل الفطر *Coprinus* - بلونها الأسود الداكن ، وكذلك الحال فى الأكياس الأسبورانجية لفطر قاذف القبة *Pilobolus* السوداء اللون .

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 الأكلة 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 فئتها 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 عشبي ، فإنها تخرج من طور السكون بعد مرورها بالقناة الهضمية للحيوان وتعرضها لعصاراته الهضمية القوية . وتثبت 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 والتجريم ، التى يتم تخليقها بفعل عديد من عوائل 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 = اجسام ثمرية أسكية دورقية perithecia .
 B = شعيرة
 C = خلايا طبقة القشرة وهيها سطحية .
 D = أكياس أسكية (يحتوى الكيس الأسكى على ٥١٢ جرنومة أسكية).
 E = جرنومة أسكية حديثة .

ثانيا - دراسة فطريات الروث :

تعتبر دراسة هذه الفطريات من السهولة بمكان ؛ حيث تجمع كتل روث الحيوانات اكلة العشب المتوفرة في مكان الدراسة (مثل : الأبقار ، والخيل) ، وكذلك كرات براز الحيوانات الصغيرة (مثل : الماعز ، والأغنام ، وايضا الارانب) . 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 في الطبيعة في المناطق التي تعيش فيها هذه الحيوانات ، خاصة في الأماكن الرطبة الحيدة الإضاءة والنهوية ، حيث تنمو هيفات الفطر على الروث الحديث مكونة تراكيب جرثومية رائعة الجمال بديعة التكوين ، تظهر في تتابع دقيق لا يخطئ ، وفي مهارة يحسدها عليها غيرها من الكائنات الحية الأخرى بما فيهم الإنسان .

ويمكن دراسة هذه الفطريات أيضا في المعمل ؛ وذلك بأخذ عينات من الروث أو كرات براز هذه الأحياء اكلات العشب في أكياس من البولي إيثيلين . ويجب أن تكون هذه العينات طازجة وكاملة . وتوضع عينات الروث في أطباق زجاجية مناسبة مرتفعة الحافة ، ذات أغطية زجاجية غير محكمة ؛ حتى تسمح للهواء بالدخول وتوفير الأوكسجين اللازم لتنفس الفطريات النامية .

ويوضع في قاع الطبق الزجاجي ورق ترشيح مبلل بقليل من الماء ، ثم توضع به عينة الروث المراد دراستها ؛ بحيث تكون في منتصف الطبق وبعيدة عن حوافه بمسافة كافية ، ويجب استعمال أطباق زجاجية كبيرة الحجم عند دراسة عينات الروث الكبيرة ، مثل تلك التي يتم الحصول عليها من الأبقار والخيل والجمال وغيرها .

ويجب أن تكون كمية الرطوبة الموجودة في 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 الزجاجي المحتوى على عينة الروث المراد دراستها فى مكان دافئ، وتكفى درجة حرارة الغرفة (٢٠ - ٢٥ م) لذلك . كما يجب ان يكون المكان مضاءً اضاءة كافية ، ويفضل أن تكون الإضاءة من مصدر جانبي ؛ حتى يمكن دراسة الانتحاء الضوئى للتركيب الجرثومية . ويتبع - عادة - وضع هذه الاطباق الزجاجية بجوار نافذة المعمل ، حيث الضوء الكافى ، والحرارة المناسبة .

وتظهر النيمات 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 ؛ فلما توجد الطبيعة بها .

ويمكن مشاهدة الأجسام الثمرية الكبيرة التى تكونها بعض الفطريات بالعين المجردة؛ مثال ذلك الأجسام الثمرية لفطر عيش الغراب ذى القبة الحبرية *Coprimus* ، بينما يلزم فحص الحوامل الأسبورانجية لفطر قاذف القبة باستعمال عدسة مكبرة . وفى حالات أخرى يجب الفحص الميكروسكوبى للتركيب 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 دوراً كبيراً فى ظهور هذه الفطريات وتتابعها . ويلاحظ أن كتل السباز الصغيرة الخاصة بالحيوانات العشبية صغيرة الحجم كالأرانب ، لا تظهر عليها الأجسام الثمرية كبيرة الحجم ؛ مثال فطريات عيش الغراب .

وبالإضافة إلى الفطريات الحقيقية Eumycota التى سبقنا الإشارة إليها ، فإنه تظهر على الروث فطريات لزجة Myxomycota ؛ مثل الفطر *Dictyostelium* التابع للأكزازيوميسيتات Acrasiomycetes ، وفطريات العفن الشبكية Myxomycetes .

وهناك أكثر من ٢٠ جنساً تتبع الفطريات الهلامية اللزجة ، تنمو على الروث بعد تحلله ، وهى تتغذى على بقايا النيمات الميكروبية الأخرى وتحللها (Eliasson & Lundqvist, 1979) .

ثالثا - تتابع فطريات الروث :

ناقش كثير من الباحثين أمثال (Lodha (1974) و (Webster (1970) تتابع ظهور التراكيب الجرثومية لفطريات الروث ؛ وذلك عند تحضيرين روث أحد الحيوانات اكلات العشب المناسبة ؛ مثل الأرناب المنزلية أو البرية أو الماشية أو الأيائل أو الخيول وغيرها ، ووضعها في وعاء زجاجي على حافة النافذة ، ثم مراقبة الفطريات التي تظهر متتابعة .

وتتبع جراثيم فطريات الروث - عادة - أثناء وجودها في القناة الهضمية للحيوان ، ولكن لا تستكمل نمواتها الهيفية ؛ نظرا لانخفاض مستوى الأوكسجين ؛ فإذا ما قذف الحيوان روثه على سطح الأرض ، نشط نمو هذه الفطريات فسي استكمال نموها الهيفي .

ويبدأ ظهور التراكيب الجرثومية بعد حوالي يومين ؛ حيث يبدأ العرض الحيوى بالحوامل الأسبورانجية للفطريات التابعة لطائفة الفطريات الزيجية Zygomycetes رتبة الميوكورات Mucorales ، ممثلة في الأنواع التابعة للجنس *Mucor* ، ثم يتبع ذلك بيومين ظهور الحوامل الأسبورانجية للجنسين *Pilaira* ، و *Pilobolus* .

وتتميز الحوامل الأسبورانجية للفطر *Pilobolus* - المعروف باسم قاذف القبة the cap thrower - بأنها تتحنى ناحية الضوء phototropic response ، قاذفة أكياسها الأسبورانجية في اتجاه مصدر الضوء لمسافة تزيد على مترين . وتلتصق هذه الأكياس بما يحيط بالروث من أعشاب برية في الطبيعة .

وقد تبقى هذه الفطريات الزيجية على مسرح الأحداث مدة تتراوح بين ١٠ إلى ١٤ يوما ثم تختفي 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 في 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 ميكرة فى سلسلة التتابع الفطرى ؛ حيث يمكن ملاحظة وجود أجسام ثمرية أسكية مفتوحة apothecia للفطر *Rhyarobius dubius* ، وذلك بعد حوالى أربعة أيام ، إلا أنه من المعتاد ظهور هذه الأجسام الثمرية بعد حوالى عشرة أيام من بداية التحضين .

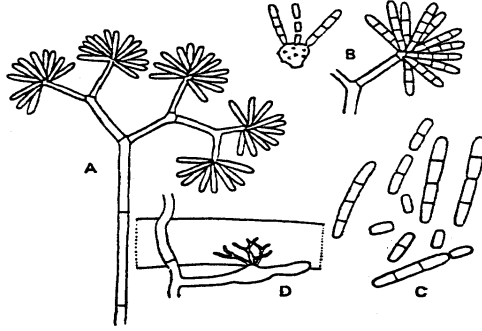
ومن فطريات الروث الأسكية النموذجية الأخرى المكونة للأجسام الثمرية الأسكية المفتوحة (apothecia) الأجناس : *Cheilymenia* ، و *Coprobria* ، و *Ascobolus* ، و *Saccobolus* ، و *Lasiobolus* ، و *Thelebolus* .

ويلى ظهور الفطريات السابقة ، فطريات أسكية أخرى مكونة للأجسام الثمرية الدورية perithecia التى تتبع تحت طائفة Pyrenomycetes ؛ مثال ذلك الأجناس : *Sporomiella* ، و *Ontiochaeta* ، و *Delitschia* ، و *Podospora* ، و *Sordaria* ؛ حيث تقذف هذه الفطريات جراثيمها الأسكية بقوة .

ومن الفطريات الأسكية الأخرى المكونة لأجسام ثمرية دورية الجسنيين : *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 دورية 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 *Bobbitius* ، ولا تظهر هذه الفطريات على الروث المحضن فى المعمل .

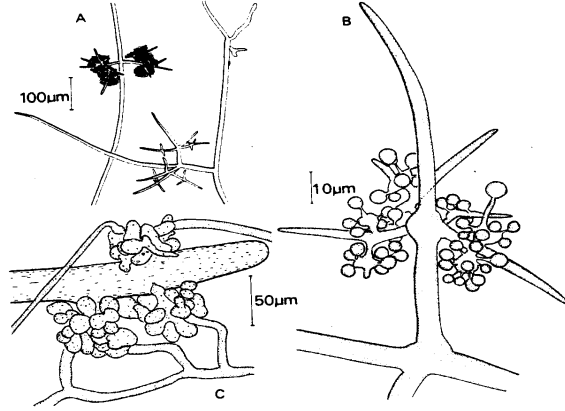


PIPTOCEPHALIS

- شكل (٦ - ٤) : الفطر *Piptocephalis viriniana* .
 A - حامل كونيدي (إسبورنجي) .
 B - انتفاخ يحمل جراثيم .
 C - سلاسل من الجراثيم التي تنجزأ .
 D - ممص للفطر المتطفل داخل مسلولوم فطر عائل ، غالباً من رتبة الميوزومات .

ويرجع ظهور الفطريات السابقة في 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 في 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 كونيديية synemmata ذات لون قرمزي ، تحمل على قممها جراثيم لاصقة . وينمو هذا الفطر - عادة - على روث الأبقار وكرات براز الأرانب البرية .



شكل (٥ - ٦) : الفطر *Chaetocladium brefeldii* .

- A = فريعات هيفية تنتهي بتسويات مستدقة spines ، تحمل أكياس أسبوراتجية صغيرة جانبيا (Sporangiola) .
 B = فرع هيفي يوضح تركيب النسوء المستدق والأكياس الأسبوراتجية الصغيرة .
 C = هيفا الفطر *Pilaira anomala* تحيط بها أعضاء التصاق الفطر المتطفل *C. brefeldii* والتي تشبه المثانة - bladder like outgrowths قبل مرحلة الاختراق مباشرة .

ومن الفطريات الناقصة الأخرى الشائع وجودها على الروث الطور الكونيدي *Oedocephalum* ؛ وهو الطور الناقص للفطر الأسكى *Iodophanus carneus* ذي 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 النيMATODا ويرقاتها ؛ مثال ذلك الفطر *Rhopalomyces elegans* ؛ حيث يتطفل هذا الفطر أيضا على الأطوار الكاملة للنيMATODا ، وخاصة عند وجود الروث لفترة طويلة على سطح الأرض تحت ظروف عالية الرطوبة (Barron, 1977) .

ويمكن التحكم في الأنواع الفطرية وتتابعها على الروث ؛ وذلك عن طريق تغيير ظروف التحضين ، وخاصة درجة الحرارة ، والمحتوى المائي للروث . ولقد درس الباحثان (Wicklow & Moore (1974 تتابع ظهور هذه الفطريات على كتل براز الأرانب المرباة في المعمل - والتي تمت تغذيتها على البرسيم الحجازي - حيث تم تحضين العينات على ثلاث درجات حرارة ؛ هي : ١٠م ، ٢٤م ، ٣٥م .

ولقد أظهرت نتائج الدراسة السابقة اختلاف الفطريات المتكونة على كتل براز الأرانب باختلاف درجات الحرارة ؛ فعند التحضين على حرارة ١٠م 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 وتجرشها .

وفي دراسة أخرى ، لاحظ الباحثان (Wicklow & Malloch (1971 وجود الفطر *Thelebolus sp.* في أونتاريو Ontario بكندا تحت ظروف انخفاض الحرارة ؛ حيث تقع درجة الحرارة المثلى لنمو هذا الفطر بين ١٥م و ٢٠م ، وعند انخفاض درجة الحرارة يستمر الفطر في النمو حتى عند صفرم ، بينما يثبط نمو الفطر إذا ارتفعت درجة الحرارة عن ٢٥م . وهذا يفسر عدم ظهور هذا الفطر على نفس عينات براز الأرانب التي تم تحضينها عند ٢٤م و ٣٥م .

وعند تحضين عينات براز الأرانب السابقة عند حرارة ٢٤م ، ظهرت مجموعة أخرى من الفطريات الأسككية مثل : *Podospora curvicolta* ، و *Ascodesmis rigricans* ، و *Coprotus granuliformis* .

كما يؤثر المحتوى المائي على أنواع الفطريات النامية على الروث وتتابعها ، ففي 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 المائي 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 لكي 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
(1986 b) Webster ، تم اختبار إنبات جراثيم بعض فطريات الروث على بيئة أجار

الروث المضاف إليها الجليسرول ، فوجدا أن نسبة الإنبات تقل بانخفاض الضغط المائي للبيئة المحتوية على الجليسرول بالمقارنة بالبيئة الخالية منه ، وأيضاً يقل معدل تكوين أنابيب الإنبات ومعدل النمو الطولي للهيفات .

وفي دراسة أخرى مشابهة على روث الأبقار قام بسها الباحثان Dickinson & Underhay (1977) لدراسة تأثير المحتوى المائي للروث على نمو وتجرثم فطريات الروث ، وُجد أن المحتوى المائي لروث الأبقار الطازج مرتفع للغاية ؛ حيث تتراوح بين ٤٠٠٪ و ٧٠٠٪ من المادة الجافة . وفي مثل هذه الحالات يصعب وصول الأكسوجين إلى داخل الروث ؛ مما يقلل من نمو ميسيليوم فطريات الروث في المراحل الأولى داخله .

وعند خفض هذا المحتوى المائي العالي إلى ١٥٧٪ من المادة الجافة ، بدأت هيفات الفطريات في النشاط والنمو ، حيث تتابع ظهور التراكيب الجرثومية ؛ وذلك عند تحضين عينة الروث على درجة حرارة ١٨م في وجود رطوبة نسبية ١٠٠٪ .

وفي دراساتٍ أخرى ، تمت تنمية بعض فطريات الروث على بيئاتٍ غذائيةٍ مختلفةٍ في ضغطها المائي ؛ حيث أمكن التحكم في ذلك عن طريق إضافة مانيتول أو كلوريد صوديوم إلى البيئة خلال تجهيزها . ولقد أظهرت النتائج أن ارتفاع الضغط المائي يؤدي إلى سرعة تكوين جراثيم الفطريات *Sordaria* و *Pilaira anomala* و *hamana* (Harrower & Nagy, 1979) . وقد يكون ذلك نوعاً من التأقلم ؛ حيث يسرع الفطر في نموه وتجرثمه خلال فترة توفر الماء ، قبل جفاف الروث .

وتعتبر الأعشاب والنباتات المستخدمة في تغذية الحيوانات - وكذلك العلف الجاف وغيره - المصادر الرئيسية لفطريات الروث ؛ حيث تنمو على سطوح هذه النباتات عديد من الأحياء الدقيقة التي تجد طريقها إلى القناة الهضمية للحيوان ، فيُهضم بعضها ، ويستطيع البعض الآخر الصمود أمام المصارات الهضمية القوية ، ويستمر محتفظاً بحيويته حتى يتخلص الحيوان من متبقيات الهضم على صورة روث .

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 تؤدي هذه الظروف السابقة إلى تشجيع إنبات بعض جراثيم هذه الفطريات وخروجها من طور السكون .

وهناك مصادر أخرى ثانوية لفطريات الروث ؛ مثل : الهواء ، والأمطار ، والحشرات ، وبعض الحيوانات الصغيرة ؛ كالحلم ، والنباتودا ، والإكساروس التي تنجذب إلى الروث لتتغذى عليه . كما تعتبر التربة مصدرا هاما لبعض فطريات الروث ؛ حيث يعمل تلامس كتل الروث لسطح التربة على نمو بعض فطريات التربة على الروث ؛ حيث تجد فيه مادة عضوية خصبة للنمو الميسليومي والتجراثيم .

كما تلعب ظروف البيئة حول كتل الروث دورا مؤثرا في نمو فطريات الروث وتكوينها لتراكيبها الجرثومية ، وأيضا تعمل هذه الظروف البيئية على تحديد تتابع ظهور هذه الفطريات على الروث ، وذلك لتأثيرها على طبيعة علاقة هذه الفطريات بعضها ببعض من تنافس أو تضافر .

رابعا - الفطر *Pilobolus* قاذف القبة :

إنه أحد أمثلة مشاركة الفطريات لحياة الحيوانات ؛ حيث يجنى هذا الفطر من مشاركته لبيئة الحيوانات الاكلة العشب فوائد جمة ، بينما تعتبر هذه الحيوانات ناقلات سلبية لهذه الفطريات ، لا تضار منها ، ولا تجنى من ورائها فائدة تذكر .

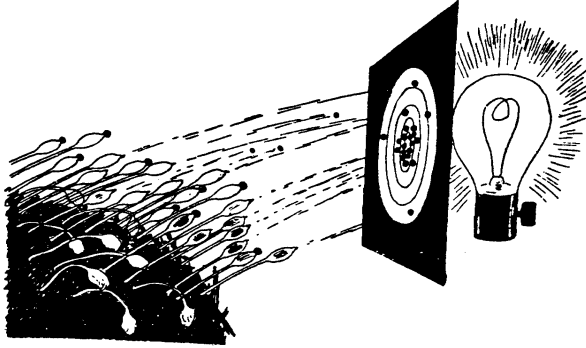
ولكن يلعب هذا الفطر دورا كبيرا في بيئة الحيوان ، ولكنه خجول ، جم التواضع ، يقوم بهذا الدور دون أن يفصح عن نفسه ، ولكننا يجب أن نجتهد ونحاول التعرف على هذا الفطر ، ونفهم دوره الحيوي الهام في البيئة من حولنا .

اسم الفطر *Pilobolus* يعني قاذف القبة the cap thrower ، وهذا وصف حقيقي لما يقوم به الفطر في وقت الظهيرة من كل يوم ؛ حيث يقذف أكياسه الأسبورانجية sporangia بقوة ناحية مصدر الضوء ، في حركة استعراضية باهرة ، يستحق عليها الثناء والإعجاب .

وربما قليل من المهتمين بدراسة الفطريات ممن أتاحت لهم فرصة مراقبة فطر قاذف القبة وهو يقذف بأكياسه الجرثومية في الهواء ، وما يعقبه من فطريات أخرى تظهر على روث الحيوانات العشبية في تتابع مذهل لا يخطئ ؛ فهو جزء يسير من ملكوت الله سبحانه وتعالى ؛ فتبارك الله أحسن الخالقين .

وكل ما يحتاج إليه المرء لدراسة هذا الفطر وغيره من فطريات الروث الأخرى ، هو قليل من الفضول العلمي وحب المعرفة ، ثم وعاء زجاجي ذو حجم مناسب ،

وروث طازج لحيوان عشبيّ ، وعدسة مكبرة ، وربما مجهر (ميكروسكوب) لمزيد من الفحص والدراسة .

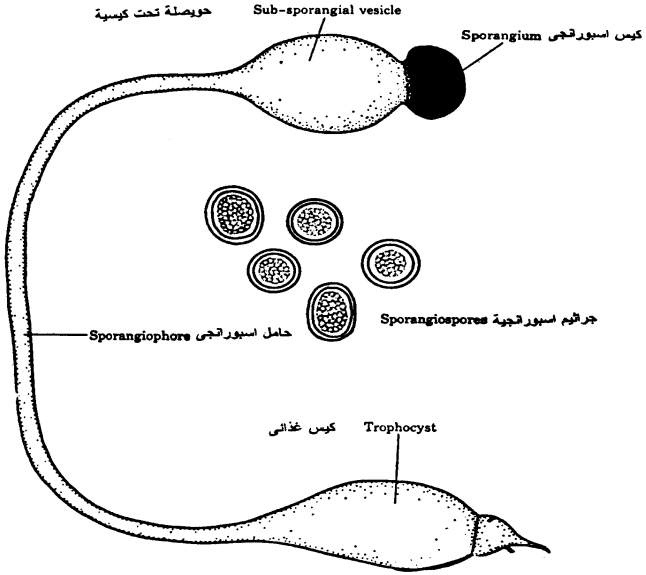


شكل (٦ - ٦) : فطر قاذف القبة *Pilobolus crystallinus* يقذف أميابه الأسبورتجية في اتجاه الضوء .

وتجمع عينات الروث طازجة ، كاملة دون تفتيت ، وتوضع في قاع الوعاء الزجاجي بعد تغليفه من الداخل بورق رطب ، ثم يغطى الوعاء بغطاء زجاجي مع ترك جزء صغير دون تغطية للتهوية ؛ حتى يحصل الفطر على احتياجاته من الأكسجين ، ولا يتوقف عن النمو والنشاط .

ويوضع الوعاء الزجاجي في مكان دافئ جيد الإضاءة ، يفضل أن يكون بجوار نافذة كمصدر جيد للضوء . ويمكن رش الروث بقليل من الماء إن كان جافاً ، ويرش بالماء يومياً كلما دعت الضرورة إلى ذلك .

وتفحص عينة الروث بعد مرور يومين من بداية التحضين ؛ حيث تظهر تراكيب الفطر الجرثومية خلال أيام قليلة تبعا لدرجة الحرارة . ويفضل أن يبدأ الفحص مبكراً ، في الساعات الأولى من الصباح ؛ ففطر قاذف القبة نشيط ، يحترم الوقت ، ويحسن استغلاله .



شكل (٦ - ٧) : رسم تخطيطي للحامل الأسبورتاجي لفطر قاذف القبة *Pilobus 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 مغمرور 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 الإسبورانجى شكلا قرصيا ، وهو أسود اللون أملس ، يحتوى على جراثيم أسبورانجية بيضية الشكل ذات لون أصفر برتقالى (شكل ٦ - ٧) .

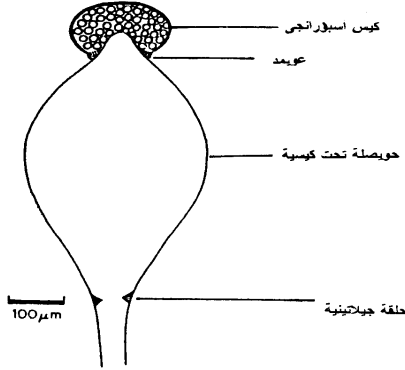
ويوجد حول قاعدة العويمد حلقة شفافة من مادة جيلاتينية ، تقع بين جدار الكيس الإسبورانجى والجراثيم . وعند اتصال الحويصلة تحت الكيسية بالحامل الأسبورانجى ، توجد حلقة من السيتوبلازم تأخذ شكل عدسة محدبة من الوجهين ذات ثقب مركزى (شكل ٦ - ٨) .

وتظهر الحوامل الأسبورانجية لفطر قاذف القبة من الأكياس الغذائية المطمورة فى مادة الروث ؛ حيث تستكمل هذه الحوامل نموها على مدار ساعات اليوم . ففى خلال فترة ما بعد الظهر ، 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 الإسبورانجى ، تنتفخ قمة الحامل الإسبورانجى تحت الكيس الإسبورانجى 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 . وتنتج هذه الحوامل كلها إلى مصدر الضوء ؛ حيث

إنها موجبة الانتحاء له positively phototropic ؛ شأنها فى ذلك شأن النباتات الخضراء .



شكل (٦ - ٨) : رسم تخطيطى لقطاع طولى فى فطر *Pilobolus kleinii* يوضح كيسا أسبورانجيا ناضجا يحتوى على آلاف الجراثيم الأسبورانجية ، والحويصلة تحت الكيسية ، والعويمد ، والحلقة الجيلاتينية .

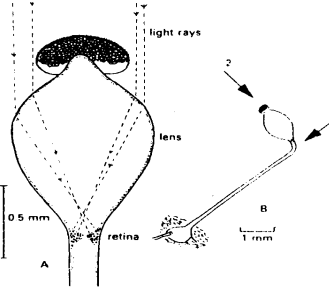
ومن المألوف ان تتجه النباتات الخضراء بنموها ناحية الضوء ، ولكن قليلا منها ما يفعل ذلك بدقة كما يفعل فطر قاذف القبة . والسر فى ذلك يكمن فى تركيب الحويصلة الموجودة تحت الكيس الأسبورانجى ؛ فهى ليست مجرد انتفاخ عادى ، ولكنها ذات تركيب متميز ودقيق لدرجة يصعب تصديقها .

وتعتبر الحوامل الأسبورانجية - حتى بعد تكوين الأكياس الأسبورانجية عليها - شديدة الجاذبية للضوء . ويتلون الكيس الغذائى trophocyst والحوامل الأسبورانجية باللون الأصفر البرتقالى ، ويرجع ذلك إلى وجود محتويات كاروتينية Carotene content . إلا أن بعض الدراسات الحديثة - التى أجريت على استجابة الحوامل الأسبورانجية للأطوال الموجية المختلفة من الضوء - تدل على أن

المستقبل الضوئي في فطر قاذف القبعة يشبه الفلافين Flavin أكثر من شبهه للكروتين .

وعند سقوط الأشعة الضوئية من جانب واحد على الجامل الأسبوراتجي ، فإن الانتفاخ الموجود أسفل الكيس الأسبوراتجي يعمل كعدسة مجمعة للضوء ؛ حيث تمر الأشعة الضوئية من خلال الجدار الشفاف للانتفاخ . وتتجمع هذه الأشعة على الجدار المقابل بالقرب من قاعدة الانتفاخ في منطقة محددة حساسة للضوء light-sensitive region ، يتجمع عندها السيترولازم الغني بالكروتين carotene - rich cytoplasm ؛ الذي يتوهج باللون البرتقالي عندما يضاء (شكل ٦ - ٩) ، والتي يطلق عليها الشبكية retina .

ويؤدي تركيز الأشعة الضوئية على المنطقة الغنية بالكروتين (الشبكية) إلى تكوين مواد مشجعة للنمو ، تنتقل إلى الجزء الأسطواني من الحامل الأسبوراتجي أسفل الانتفاخ ؛ فتتسرّع من نموها ، وينحني الحامل الأسبوراتجي موجهًا نفسه تجاه مصدر الضوء بحيث يكون هذا الانحناء زاوية مع قاعدة الحامل .



شكل (٦ - ٩) : رسم تخطيطي لقطاع طولى في الحامل الأسبوراتجي للفطر *Pilobolus klemtii* يوضح مسار مرور الأشعة الضوئية من خلال الحويصلة الكيسية ، والتي تعمل كعدسة لامة تجمع الأشعة الضوئية في منطقة أسفل الحويصلة ؛ مما يعمل على توجيه الحامل الأسبوراتجي إلى مصدر الضوء . ويلاحظ أن مصدر الضوء (2) أدى إلى إعادة توجيه الحويصلة الكيسية .

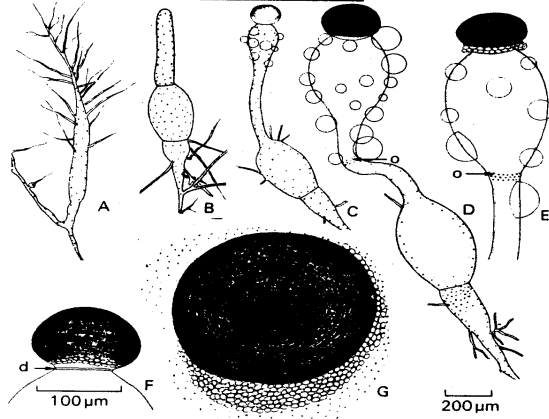
وعند انحناء الحامل الأسبورانجى ، تتحرك المنطقة التى يتجمع عندها الضوء عند جدار الانتفاخ إلى أسفل ؛ بحيث تقع البقعة المضيئة تماما عند الطوق المحتوى على الكاروتين ؛ وبذلك يكون الكيس الأسبورانجى مواجهها تماما لمصدر الضوء (شكل ٦ - ٩) .

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 الأخر منه - وذلك فى الساعات الأولى من الصباح خلال فترة استظالة 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 ولبد التأقلم على ظروف البيئة الصعبة التى ينمو فيها ؛ فهو أحد فطريات الروث التى تنمو على روث الحيوانات الأكلة 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 متعدرة ؛ 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 توجيهها 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 أطلقتها 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 الألاجنسي في الفطر *Pilobolus kleinii*.

- A = تكوين الكيس الغذائي trophocyst وانتفاخه عن طريق تمدد الميتوبلاز الغني بالكروتين .
- B = الكيس الغذائي يخرج منه حامل أسبورانجي غير تام التكوين ؛ حيث تنجذب قمته إلى مصدر الضوء .
- C = كيس غذائي يخرج منه حامل أسبورانجي تام التكوين ؛ حيث تبدأ قبة الكيس الأسبورانجي في النضج ، وتصبح داكنة اللون (حوالى الساعة التاسعة مساءً) .
- D = كيس أسبورانجي في مرحلة ما قبل التشقق (حوالى الساعة التاسعة صباحاً) ؛ حيث يشير السهم (عند الحرف o) إلى منطقة الميتوبلازم الغنية بالكروتين ، والتي يطلق عليها اسم ocellus .
- E = حامل أسبورانجي يحمل كيساً أسبورانجياً عند مرحلة تشققه بالقرب من قاعدته . لاحظ تمام تكوين الجراثيم الأسبورانجية ، ووجود وسادة من المادة المخاطية أسفل الكيس الأسبورانجي (حوالى الساعة ١١.٣٠ صباحاً) .
- F = كيس أسبورانجي يظهر عند قاعدته تشقاقات الجدار الخلوى (السهم d) .
- G = كيس أسبورانجي متحرر ، محاط بالعصير الخلوى الجاف ، بينما توجد داخله الجراثيم الأسبورانجية ؛ يمنعها من الخروج الوسادة المخاطية .

وعند هذه المرحلة ، ينشط كل فطر في تجهيز نفسه لإطلاق قذيفته الوحيدة ، والتي بعدها يضمحل الحامل الأسبورانجي ويتحلل . وتتميز هذه القذيفة (الكيس الأسبورانجي) بأنها سوداء اللون ذات جدار أملس صلب جاف . وعند قاعدة الكيس الأسبورانجي يوجد عويمد دورقي الشكل *conical columella* ، يفصله عن الكيس الأسبورانجي وسادة لزجة *mucilaginous pad* .

وفي خلال هذه الدقائق الحرجة ، يتشقق الكيس الأسبورانجي 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 تمنعه عن ذلك الوسادة اللزجة ، التى تنشأ خلال تشقق جدار قاعدة الكيس الأسبورانجي (شكل ٦ - ١٠ - E) .

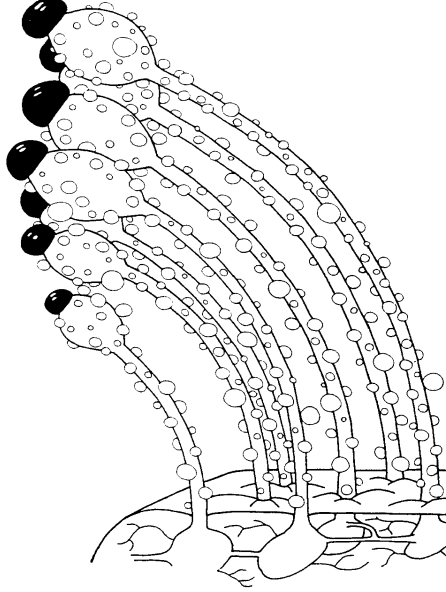
وتنتفخ الحويصلة تحت الكيس الأسبورانجي - والتي تعرف باسم الحويصلة تحت كيسية *subsporangial vesicle* - نتيجة زيادة تركيز العصير الخلوى داخلها ؛ وبذلك يرتفع الضغط الأسموزى . وعندما يصل هذا الضغط إلى مرحلة حرجة - قد تصل إلى حوالى ٥,٥ بار - تنتفخ هذه الحويصلة إلى أقصى حد لها ، يساعدها على ذلك جدارها المرن ، ثم ينشق الجدار الخلوى للكيس الأسبورانجي 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 الأسبورانجي 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 الأسبورانجي معه - خلال انطلاقه - قطرة من العصير الخلوى اللزج .

وتختلف سرعة قذف الفطر لأكياسه الأسبورانجية تبعاً للأصناف 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 الى مترين إذا قذفت رأسيا ، وإلى أكثر من مترين ونصف المتر إذا قذفت أفقيا .

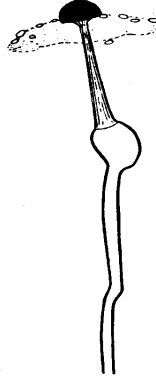


شكل (٦ - ١١) : الحوامل الأسبورانجية لفظر قاذف القبعة *Ptilobolus kleini* . لاحظ انحناء الحوامل ناحية مصدر الضوء وتكوين قطرات من الماء عليها قبيل لحظات من اطلاق الأكياس الأسبورانجية .

وفي الطبيعة ، تنتشر 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 الخارجي . لكي ينتشر ويحافظ على نوعه ، إلا أن فطر قاذف القبعة كان أكثر فطريات الروث براعة في ذلك .

ولم تقف براعة فطر قاذف القبعة عند قذف أكياسه الأسبورانجية فقط ، ولا في اليتها المحكمة البارعة ، ولكنه يتحكم أيضا في 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 إياه .

ففي الكليات الحربية ، يتعلم الطلبة أن أفضل زاوية لإطلاق القذائف هي 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 تخطيطي يوضح مرحلة انطلاق الكيس الأسبورانجى للفطر *P. kleinii* . لاحظ انفجار الحويصلة تحست الكيس الأسبورانجى قاذفة محتوياتها السائلة ودفاعة الكيس الأسبورانجى للأمام ، بينما يحصل الكيس الأسبورانجى قطرة من العصير الخلوى اللزج معه .

ولاختبار قدرة هذا الفطر ودقته في قذف أكياسه الأسبورانجية ، فإنه يمكن إجراء تجربة بسيطة ؛ وذلك بوضع أسطوانة من الورق المقوى الأسود حول الوعاء الزجاجي المحتوى على عينة الروث تحت الدراسة ؛ بحيث يرفع غطائها الزجاجي ؛ وذلك فى الصباح المبكر قبل إطلاق الفطر لأكياسه الأسبورانجية .

ويراعى تغطية قمة الأسطوانة السابقة بصحيفة ورقية بيضاء اللون ذات تقبب قطر حوالى ٥ سنتيمترات فى المنتصف ، يعمل كمصدر للأشعة الضوئية . وبعد فترة تفحص الصحيفة الورقية البيضاء وما التصق بها من أكياس أسبورانجية للفطر .

وحيث إن فطر " قاذف القبعة " يقذف أكياسه الأسبورانجية راسيا إلى مسافة حوالى مترين ، فإنه يمكن استعمال أسطوانة ورقية ارتفاعها متران أو أقل قليلا . وتعتبر هذه المسافة فى قذف الأكياس الأسبورانجية رقما قياسيا عالميا يجب تسجيله فى موسوعة " جينز " للأرقام القياسية ، خاصة إذا علمنا أن طول الحامل لا يتعدى سنتيمترين ؛ وهذا يعنى قذف الفطر لقبعته حوالى ١٠٠ ضعف طوله ، وهو يعادل قذف إنسان لقبعته لارتفاع ١.٨٠ مترا ؛ أى إلى ارتفاع ناطحة سحاب مكونة من ٦٠ طابقا تقريبا ؛ فهل يستطيع إنسان ذلك ؟!

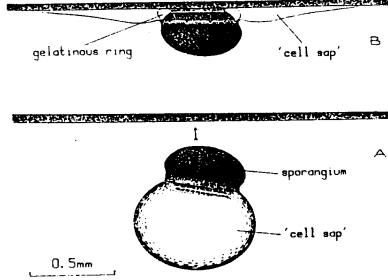
وعلى الرغم من إبداعات الفطر السابقة ، فإنه مازال عنده المزيد ؛ فالقبعة التى يقذفها الفطر - وهى الكيس الأسبورانجي - ذات تركيب خاص يشبه الكبسولة ، وشكلها نصف كروى ، كما أنها مستديرة عند سطحها العلوى ، ومسطحة عند سطحها السفلى .

وعند انطلاق الكيس الأسبورانجي للأمام ، يكون السطح العلوى نصف الكروى ومواجه لسطح العائق (الأعشاب المحيطة به فى الطبيعة) الذى سوف يصطدم به . وحيث إن السطح العلوى للكيس الأسبورانجي جاف وأملس ، فإن النتيجة المتوقعة هى ارتداد الكيس الأسبورانجي بعد اصطدامه بسطح العائق ثم سقوطه مرة أخرى ، ولكن هذا لا يحدث فى الحقيقة .

وفى واقع الأمر ، ينطلق مع الكيس الأسبورانجي قطرة من العصير الخلوى اللزج ، ملتصقة بالسطح السفلى المسطح للكيس . وخلال الانطلاق ، يلتف الكيس الأسبورانجي حول نفسه ؛ حتى يصبح السطح السفلى فى مواجهة سطح العائق ويصطدم به ، وهنا تكون قطيرة العصير الخلوى اللزج هى أول ما يقابل سطح الاصطدام ؛ فلتلتصق به

مباشرة وخلفها الكيس الأسبورانجى الثقيل الوزن نسبيا ؛ مما يزيد من قوة الاصطدام، ويلصقة بسطح العائق بشدة (شكل ٦ - ١٢) .

وحيث إن فطيرة العصير الخلوى اللزج تحتوى على مادة ناشرة ، فإنها سرعان ما تنتشر على هيئة طبقة رقيقة على سطح العائق (وهو فى الغالب سطح النباتات العشبية فى الطبيعة) . وسرعان ما تجف هذه المادة اللزجة ، تاركة الكيس الأسبورانجى ملتصقا بشدة على سطح النبات ، بحيث تصعب إزالته حتى عند سقوط الأمطار لفترات طويلة .



شكل (٦ - ١٢) : انطلاق الكيس الأسبورانجى للفطر *Pilobolus kleinii* .

A = الكيس الأسبورانجى ملتصق به فطيرة من العصير الخلوى اللزج .
B = الكيس الأسبورانجى بعد اصطدامه بالعائق ، والتصاقه عن طريق طبقة المادة اللزجة بالسطح .

وتعتبر الية الحركة الانتفاخية للكيس الأسبورانجى فى الهواء خلال الفترة القصيرة لثقفه (والتي تقدر بأقل من ٠.١ ثانية) من الأسرار الكامنة فى هذا الفطر الحاذق . ولولا هذه الحركة الانتفاخية البارعة لاصطدمت الأكياس الأسبورانجية بسطحها العلوى الجاف بأوراق النباتات العشبية المحيطة بها ، وفشل الفطر فى الالتصاق بها .

وحيث إن الفطر يقذف أكياسه الأسبورانجية فى وقت الظهيرة فى اتجاه شروق الشمس ، فإنه يقوم بتوجيه حوامله الأسبورانجية ناحية الشمال الشرقى فى النصف الجنوبى من الكرة الأرضية ، وناحية الجنوب الشرقى فى النصف الشمالى منها ، كأنما هو بوصلة حيوية ؛ فأية براعة هذه !؟ .

ويرجع السبب في الطبيعة الجافة للسطح العلوى للكيس الأسبورانجى الى وجود ننوات على سطحه شوهدت بالميكروسكوب الإلكتروني ، بالإضافة الى وجود بلورات من املاح اكسالات الكالسيوم على السطح (Birkby & Preece. 1988) .

وبعد التصاق الاكياس الأسبورانجية بسطح النباتات العشبية ، لا تتحرر الجراثيم الأسبورانجية منها نتيجة التصاق الوسادة الجيلاتينية بسطح النبات ، ولكن يتم تحررها عندما يأكل أحد الحيوانات العشبية هذه النباتات ؛ حيث تؤدي عملية الهضم الى تحرر هذه الجراثيم داخل القناة الهضمية للحيوان .

ولا تتأثر حيوية الجراثيم الأسبورانجية المتحررة داخل القناة الهضمية للحيوان بعصاراته الهضمية ، ولا بارتفاع درجة الحرارة النسبي داخلها . وتخرج هذه الجراثيم مع روث الحيوان بعد ذلك وهي نابتة ، حيث تستكمل نموها بعد ذلك .

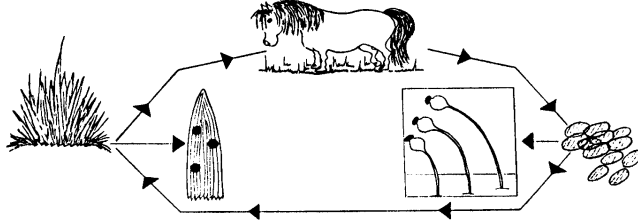
ويظهر فطر قاذف القبة في صفاته تأقلماً واضحاً مع ظروف النمو على روث الحيوانات العشبية ، فجراثيمه الأسبورانجية تثبت بطريقة أفضل عند رقم حموضة أعلى من ٦,٥ ، ويمكن تشجيع هذه الجراثيم على الإنبات عن طريق معالمتها بمحلول البنكرياتين القاعدي alkaline pencreatin .

وتتمو هيئات الفطر بصورة جيدة عند رقم حموضة ٧ ، ويمكن تشجيع النمو الفطري 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 في الروث .

وفي النهاية ، فإن فطر قاذف القبة 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 إمكانيات وقدرات لا حدود لها .

لقد برع هذا الفطر - حقا - في تحقيق هدفه ، وسلك في ذلك أسلوبا فريدا بارعا لم يسبقه إليه كانن اخر . وهو بذلك يفتح الباب على مصراعيه للدارسين والباحثين للتغيب فيما يحيط بنا من قدرات هائلة وهبها الله سبحانه وتعالى لتلك الكائنات الحية الدقيقة لتتعلم منها : ماذا تفعل ؟ ولماذا تفعل ؟ وكيف يمكنها ذلك ؟ فإذا تعلمنا منها زاد

إدراكنا لما يحيط بنا من الإبداع الإلهي ، واستفدنا منه في حياتنا اليومية ، وفى دفع عجلة التطور والرقى إلى مستقبل أفضل للبشرية جمعاء .



شکل (٦ - ١٣) دورة حياة فطر قاذف القبعة *Pilobolus longipes* .

خامسا - 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 .

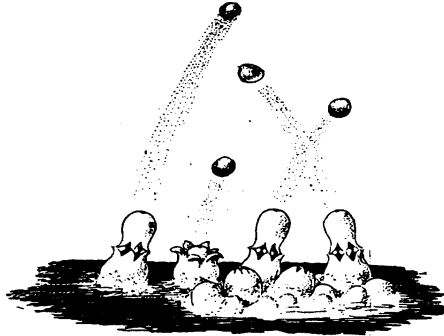
وتتشابه التراكيب الجرثومية لهذا الفطر مع تراكيب فطر قاذف القبعة *Pilobolus* ؛ وذلك من ناحية الانتحاء الضوئي phototropic response ، وقذف الوحدات الجرثومية بقوة فى اتجاه مصدر الضوء . وفى الوقت نفسه يختلف الفطران فى وقت ظهورهما على الروث ، ففطر قاذف القبعة يظهر مبكرا ، بعد أيام قليلة من قذف السروث ، بينما تظهر تراكيب فطر *Sphaerobolus* على الروث القديم .

وتختلف قدرة قذف الوحدات الجرثومية فى كل من الفطرين ؛ ففي 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* بأنه البندقية الفطرية القريبة المدى *the fungal shotgun* ، في الوقت الذي تصف فيه الفطر *Sphaerobolus* بأنه المدفعية الفطرية *the fungus artillery* (Alexopoulos, 1962) .

ويلعب الضوء دورا كبيرا في تكوين التراكيب الجرثومية للفطر *Sphaerobolus* ؛ ففي الوقت الذي تتكون فيه الأجسام الثمرية مطمورة في مادة الروث ؛ فإن فواتها تظهر على سطح الروث متجهة دائما ناحية مصدر الضوء ، قاذفة كرات اللب الخصب *peridiole* بقوة وعنق ناحية الضوء ، ويصحب ذلك صوت مسموع يشبهه دوى المدافع (شكل ٦ - ١٤) .

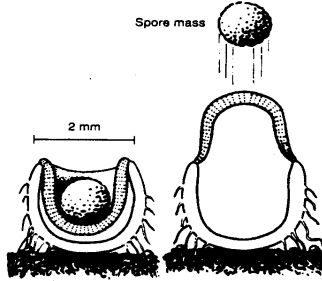
وتتلخص آلية قذف كرات اللب الخصب في أن الجراب الثمري *peridium* (الذي يتركب من ست طبقات مختلفة) يتمزق عند قمته ، في الوقت الذي يتحول فيه الجليكوجين المخزن إلى سكريات مختزلة . وينتج عن هذا التحول زيادة الضغط الاسموزي ، وامتصاص كمية كبيرة من الماء ، فينتفخ الجسم الثمري بدرجة كبيرة تؤدي إلى تمدد وانقلاب مفاجئ لطبقة الجراب الثمري التي تقع أسفل اللب الخصب *glebal mass* مباشرة (شكل ٦ - ١٥) .



شكل (٦ - ١٤) : الأجسام الثمرية لفطر *Sphaerobolus* (المدفعية الفطرية) قاذفة كرات اللب الخصب ناحية مصدر الضوء .

ويؤدي ذلك إلى دفع اللب الخصب إلى أعلى ، في انفجار قوى له صوت مسموع؛ بحيث يندفع اللب الخصب في الهواء لمسافة بعيدة . ويلتصق اللب الخصب بما يحيط به من عوائق (مثل الأعشاب والنباتات) التصاقا شديدا ؛ بحيث تصعب إزالته منها حتى تحت ظروف المطر الشديد .

وتحتفظ كرات اللب الخصب بحيويتها لفترات طويلة ، قد تصل إلى عدة سنوات . وعندما تأكل الحيوانات العشبية هذه النباتات التي يلتصق على سطحها كرات اللب الخصب للفطر *Sphaerobolus* ، فإنها لا تتأثر بالعصارات الهاضمة بمعدة الحيوان ، وتعود مرة أخرى إلى الروث لكي تعيد دورة الفطر . ومن أهم الأنواع التابعة لفطر المدفعية الفطرية الفطر *S. stellatus* الذي تظهر تراكيبه الثمرية على الروث القديم للأبقار والأغنام .



شكل (٦ - ١٥) : آلية إطلاق كرة اللب الخصب في فطر المدفعية الفطرية *Sphaerobolus* . يلاحظ انتفاخ الجسم الثمري قبيل قذف كرة اللب الخصب ، حيث يؤدي ذلك إلى تمدد طبقة الجراب الثمري وانقلابها فجأة . قاذفة كرة اللب الخصب ناحية مصدر الضوء لمسافة تصل إلى أكثر من مترين .

سادسا - الفطر *Basidiobolous* ورحلته العجيبة :

يعتبر الفطر *Basidiobolus ranarum* واحدا من الفطريات القليلة التى تتكون تراكيبيها الجرثومية على كتل براز بعض الحيوانات البرمائية ؛ حيث وجد ان هذا الفطر يتخصص فى النمو على براز الضفادع ؛ متخذاً 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 الى حوالى ٢٠ ميكرونا .

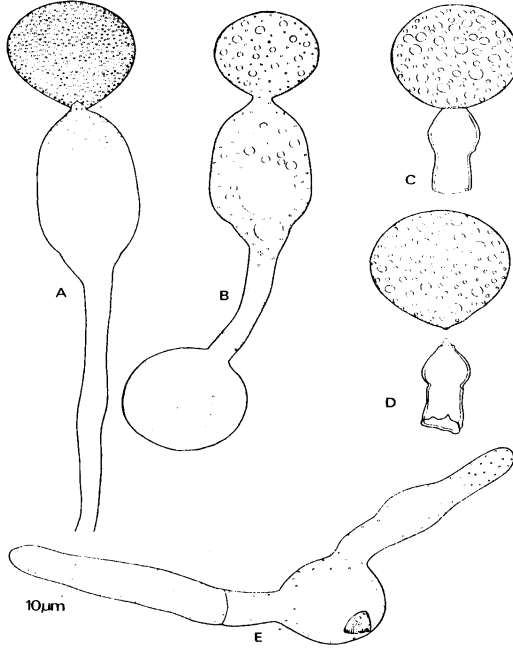
وتتمو هيفات هذا الفطر على كتل براز هذه الحيوانات البرمائية ، ثم تتكون الحوامل الكونيدية بعد ذلك . وتتميز هذه الحوامل بانتحانها ناحية مصدر الضوء phototropic response ؛ مشابهة فى ذلك سلوك الحوامل الأسبورانجية لفطر قاذف القبعة .

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 فئاتها الهضمية ، ولا تتأثر بالعصارات الهضمية ، ويمكن اعتبار حشرات الخنافس فى هذه الحالة حاملا سلبيا لكونيديات الفطر (شكل ٦ - ١٧) .

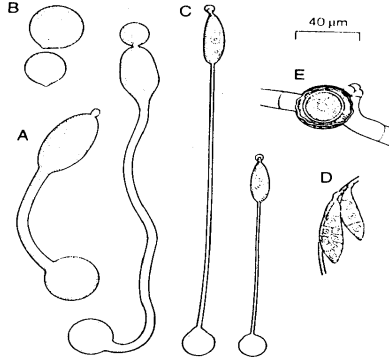
وسرعان ما تصبح هذه الخنافس طعاما للضفادع ؛ حيث تهضم وتحرر كونيديات الفطر داخل القناة الهضمية للضفادع . وتنشط هذه الكونيديات ، وتنقسم الى عديد من الخلايا الكروية ، وتخرج مع كتل براز الضفادع ، ثم تنمو بعد ذلك مكونة هيفات فطرية تحمل حوامل كونيدية تعيد دورة الحياة .

وعن طريق هذه الآلية الخاصة فى الانتشار ، يستطيع الفطر *B. ranarum* الوصول إلى أماكن بعيدة ، مستفيدا بحركة الخنافس الواسعة وانتقال الضفادع من مكان لآخر .



شكل (٦ - ١٦) : الفطر *Basidiobolus ranarum*.

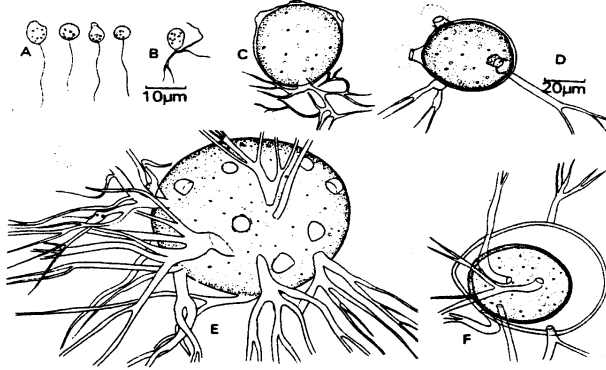
- a - تكوين الحامل الكونيدى ، حاملا كونيدة واحدة طرفية ، وتظهر منطقة ضعيفة عند قاعدة الحويصلة تحت الكونيدية .
 b - كونيدة نابئة منتجة حامل كونيدى ثانوى .
 c - كونيدة منطلقة ، بينما يكون الجزء العلوى من الحويصلة منفصلا عن باقى الحامل الكونيدى .
 d - كونيدة نابئة منتجة ميسليوم مقسم .



- شكل (٦ - ١٧) : مراحل دورة حياة الفطر *Basidiobolus ranarum* .
- A = تكوين كونيذة تتحرر عن طريق الانطلاق بقوة .
 - B = كونيذة تم تحررها ، يشاهد بها الحليمة papillae .
 - C = كونيديات ثانوية خيطية الشكل secondary capiliconidia متكونة على كونيذة أولية سبق تحررها .
 - D = كونيذة خيطية متعلقة بجسم عائل حشري .
 - 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 *Hypochoytrium catenoides* .

ويعتبر الفطران السابقان من فطريات التربة ؛ حيث يكونان جراثيم هديبية 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 هديبة سابحة zoospores .
- B = ثالوس فطري صغير العمر ، متكون على جرثومة هديبة ثابتة .
- C = ثالوس فطري متقدم في العمر ، تظهر عليه ثلاث حلبيمات متفتحة dehisence papillae .
- D = ثالوس فطري يظهر به سدادات هلامية mucilage plugs على فتحات الحلبيمات .
- E = ثالوس فطري ناضج يحمل كيس أسبورانجي كروي الشكل ، وسبع حلبيمات واضحة .
- F = جرثومة سائكة متكونة داخل كيس أسبورانجي فارغ .

وعندما تلتقط بعض الطيور - مثل الطائر الأسود (*Turdus merula*) - هذه الديدان ، فإن جراثيم الفطر تبقى حية داخل القناة الهضمية للطائر ، ثم تتغذى مع كتل برازه بعد ذلك .

وتنشط هذه الجراثيم على زرق الطائر الأسود ؛ حيث تنبت وتنمو هيفاتها مغطبة سطح الزرق ، ثم تتكون الجراثيم الهدبية التي تجد طريقها إلى التربة وتعيد دورة الحياة مرة أخرى . ويؤدى الاعتماد على ديدان الأرض والطائر الأسود إلى اتساع نطاق انتشار الفطر .

سابعا . تحلل براز الحيوانات مفصليات الأرجل :

يمثل براز الحشرات والأكاروس والحلم - وغيرها من مفصليات الأرجل - مصدرا غنيا بالمادة العضوية ، والتي تنمو عليه هذه المجموعة من الفطريات . وتعتبر هذه الحيوانات الصغيرة *microfauna* من المتغذيات الرئيسية على أوراق الأشجار التي تتساقط موسميا في 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 ، والتي لا تستطيع هذه الحيوانات هضمها ؛ مثل : اللجنين ، بالإضافة إلى بعض السليلوز .

وتتفاوت قدرة الحيوان المفصلي الأرجل على هضم هذه المواد النباتية المعقدة ، معتمدا في ذلك على وجود بعض الكائنات الحية الدقيقة في قناته الهضمية *intestind* *microflora* التي تنتج إنزيمات محللة للسليلوز ، وتساعده على هضم غذائه .

ولقد درس (Nicholson et al (1966) كتل براز الديدان ذات الألف قدم *millipede* *Corylus (glomeris marginata)* التي تتغذى على أوراق أشجار البندق *avellana*) ؛ حيث وجد أن حوالي ٩٠% من الأوراق التي 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 في 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 البيئي .

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 الألف قدم عن ٦٠٪ خلال فصل الجفاف ؛ فى الوقت الذى تجف فيه أوراق الأشجار 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 ؛ متتابة 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 (*Emiocyla 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 - تخصص فطريات الروث :

تصنف الحيوانات النديبة العشبية إلى مجموعات مختلفة تبعا لطريقة هضمها لغذائها ؛ فعلى سبيل المثال ، تحتوى الحيوانات المجتررة - مثل الأبقار ، والماعز ، والأغنام - على عدة معى ، حيث تعيد اجترار طعامها ، بعكس الحال فى الحيل والأرانب . وهناك فارق آخر ، 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 و عدة أيام ؛ ولذلك فإنه 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 *Coprobria 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 الإكلات العشب ، وجد أن بعض الفطريات - مثل *Podospora curvula* و *Ascobolus immersus* - تتخصص فى النمو وتكوين تراكيبها الجرثومية على روث الحيوانات المجتررة ، 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 *Coprobria granulata* ،

بالإضافة إلى فطر عيش الغراب ذي القبعة الحبرية *Coprimus* التابع للفطريات البازيدية .

كما حظيت دراسة الفطريات النامية على كتل براز الحيوانات البرية الصغيرة والحيوانات البرمائية ببعض اهتمام الباحثين ؛ حيث وجدت الأجسام الثمرية الدورية للفطر الأسكى *Phaeotrichum hystrixinum* على كتل براز حيوان القنفذ ، وأبضا بعض الأنواع الفطرية التابعة للفطر الزيغى *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 تحصين 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 آخر 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 اليعفور roe deer من مناطق مختلفة ، ثم سجل التراكيب الجرثومية الفطرية التى تظهر متتابعة خلال ٢ - ٣ شهور من التحصين فى غرفة رطوبة .

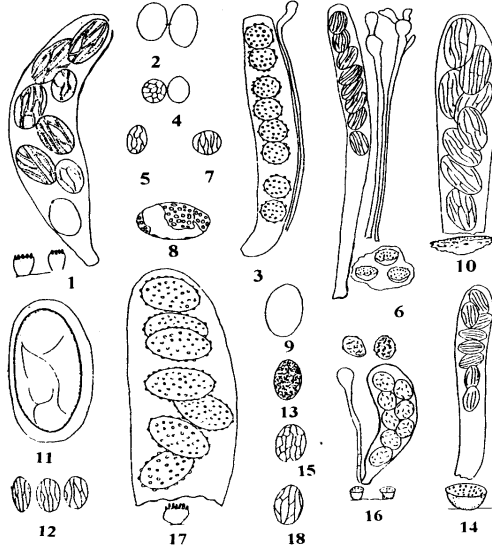
ولقد أظهرت نتائج هذه الدراسة ارتباط بعض أنواع الفطريات بأنماط محددة من روث وكتل براز هذه الحيوانات ، بينما كانت بعض هذه الفطريات شائعة الانتشار على

مختلف أنماط عيانت الروث تحت الدراسة .

فعلى سبيل المثال ، وجدت على روث الحيوانات المجنزة الفطريات التالية : *Coprobia granulata* ، و *Ascobolus furfuraceus* ، و *A. immersus* ، و *Ascophanus microspora* ، و *Podospora curvula* ، و *Lastobolus ciliatus* ، بينما وجدت فطريات أخرى مصاحبة لكتل براز الحيوانات القارضة كالأرانب ؛ مثال ذلك *Sporormia bipartis* ، و *Thelebolus stercoreus* و *Contochaeta spp.* و *Podospora appendiculata* و *P. setosa* .

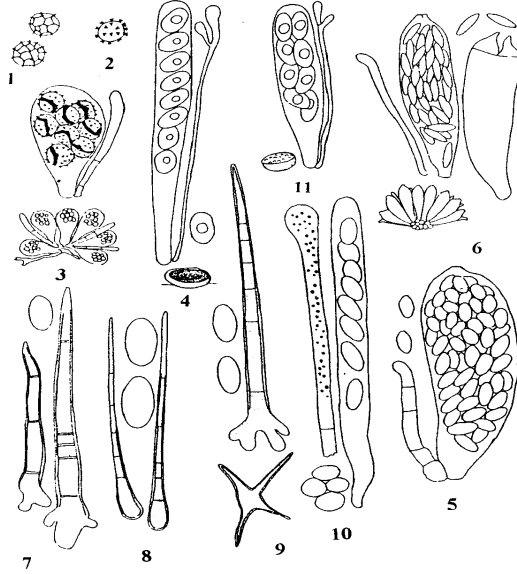
كما أظهرت الدراسة السابقة شيوع وجود بعض الفطريات على مختلف أنماط الروث ؛ مثال ذلك الفطريات : *Thelebolus namis* ، و *Ascobolus albidus* ، و *Podospora vesticola* .

وعلى الرغم من الدراسات السابقة ، فإنه لا يزال من غير المعروف الأسباب التي تحدد ارتباط بعض الفطريات بأنماط محددة من روث الحيوانات الاكليات العشب . وقد تلعب مجموعة من العوامل دورا في ذلك ؛ مثل اختلاف مراحل هضم الحيوان لغذائه ، وتنافس الأحياء الدقيقة في روث الحيوان على الغذاء ، أو إفرازها لمواد مثبطة أو مشجعة للنمو . ولا يزال هذا الموضوع في احتياج إلى مزيد من البحث والدراسة ؛ وذلك لأهمية فطريات الروث في 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*.

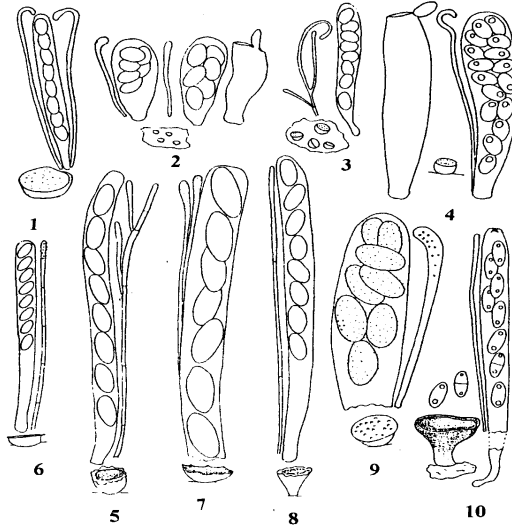
- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1 - <i>A. albidus</i> | 2 - <i>A. boudieri</i> |
| 3 - <i>A. brassicae</i> | 4 - <i>A. carletonii</i> |
| ٥ - <i>A. crenulatus</i> | 6 - <i>A. crenulatus</i> |
| 7 - <i>A. crevinus</i> | 8 - <i>A. degluptus</i> |
| 9 - <i>A. elegans</i> | 10 - <i>A. furfuraceus</i> |
| 11 - <i>A. immersus</i> | 12 - <i>A. lignatilis</i> |
| 13 - <i>A. mancus</i> | 14 - <i>A. minutus</i> |
| 15 - <i>A. perplexans</i> | 16 - <i>A. rhytidisporus</i> |
| 17 - <i>A. roscopurpurcus</i> | 18 - <i>A. stictoides</i> |



شكل (٦ - ٢٠) : بعض فطريات الروث التابعة للفطريات الإسكية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة . Discomycetes

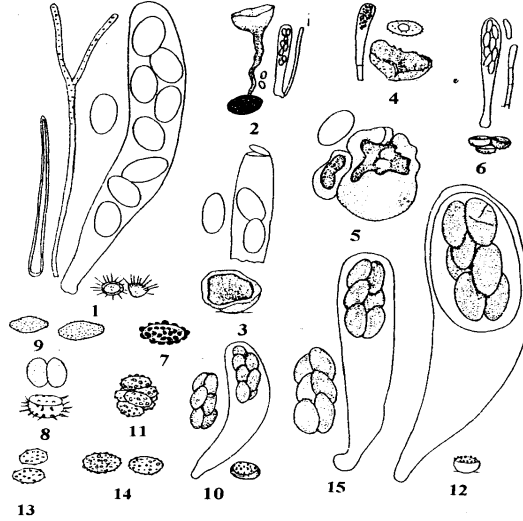
- 1 - *Ascodesmis microscopica*
 3 - *A. porcina*
 5 - *Ascozonus leveilleanus*
 7 - *Cheilymenia fomicola*
 9 - *C. stercorea*
 11 - *Coprotus aurorus*

- 2 - *A. nigricans*
 4 - *Ascophanus misturæ*
 6 - *A. woolhopensis*
 8 - *C. raripila*
 10 - *Coprobia granulata*



شكل (٦ - ٢١) : بعض فطريات الروث التابعة للفطريات الأسعية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة . Discomycetes

- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| 1 - <i>Coprotus glaucellus</i> | 2 - <i>C. granuliformis</i> |
| 3 - <i>C. lacteus</i> | 4 - <i>C. sexdecemsporus</i> |
| 5 - <i>Fimaria cervaria</i> | 6 - <i>F. equina</i> |
| 7 - <i>F. hepatica</i> | 8 - <i>F. theioleuca</i> |
| 9 - <i>Iodophanus carneus</i> | 10 - <i>Lanzia cuniculi</i> |



شكل (٦ - ٢٢) : بعض فطريات الروث التابعة للفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة . Discomycetes

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1 - <i>Lasiobolus papillatus</i> | 2 - <i>Martininia panamensis</i> |
| 3 - <i>Peziza bovina</i> | 4 - <i>P. pleurota</i> |
| 5 - <i>P. vesiculosa</i> | 6 - <i>Pezizella albula</i> |
| 7 - <i>Saccobolus bečkii</i> | 8 - <i>S. caesariatus</i> |
| 9 - <i>S. citrinus</i> | 10 - <i>S. depauperatus</i> |
| 11 - <i>S. ditutellus</i> | 12 - <i>S. glaber</i> |
| 13 - <i>S. globuliferellus</i> | 14 - <i>S. obscurus</i> |
| 15 - <i>S. versicolor</i> | |

تاسعا - تفسير تتابع ظهور فطريات الروث :

اهتم كثير من الباحثين بدراسة تتابع ظهور التراكيب الجرثومية للفطريات التي تنمو على روث الحيوانات الإكالات العشب ؛ حيث لوحظ ان هذا التتابع يرتبط بترتيب رقى هذه الفطريات، كما يرتبط بتصنيفها في المملكة الفطرية ؛ حيث تظهر الفطريات الزيجية أولا ، تليها الفطريات الاسكية ، ثم الفطريات البازيدية التي تعتبر ارقى الفطريات .

ولقد ظهرت عدة نظريات في 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 - الى تتابع ظهور التراكيب الجرثومية الفطرية التي تظهر على روث الحيوانات العشبية كمثال نموذجي 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 (1901 , 1902) Masee & Salmon من اوائل من درس تتابع فطريات الروث . وحتى منتصف الستينيات ، لم يكن معروفا - على وجه التحديد - الأسباب التي تحدد هذا التتابع (Harper & Webster, 1964) ، وحتى ذلك الوقت كان التفسير المنطقي 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 التي سرعان ما تستهلك بواسطة هيفات الفطريات ، بينما تتبقى المواد الأخرى المعقدة مثل الهيميسيليلوز 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 في 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 إلى استنفاد المركبات الكربوهيدراتية البسيطة من الروث ؛ حيث تترك المجال للفطريات الأسكية المحللة للسيليلوز ، ثم تظهر - في النهاية - الفطريات البازيدية المحللة للجنين . التي تنمو على الروث دون منافس .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن هناك بعض الاعتراضات على النظرية الغذائية ؛ حيث إنها لم تأخذ في الحسبان أن جراثيم هذه الفطريات يتم تشجيعها على الإنبات خلال مرورها في القناة الهضمية للحيوانات العشبية ، كما أن اختفاء الفطريات الزيجية لا يرتبط - عادة - بانخفاض مستوى المركبات العضوية البسيطة القابلة للذوبان في 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 الفسيولوجي للمجاميع المختلفة من فطريات الروث التي تتعاقب في نموها على الروث .

وتعطي هذه النظرية تصورا مقبولا لتتابع هذه الفطريات على روث الحيوانات العشبية ، والأسباب المنطقية التي أدت إلى ذلك ، إلا أنه يؤخذ على هذه النظرية إغفالها العوامل البيئية التي 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 ثمريسة أسكية

دورقية perithecia ، أم مفتوحة apothecia ، أم أجساما ثمرية بازيدية من النوع التابع لفطريات عيش الغراب الأجارىكية agaric type .

وفي بعض الحالات ، لا يرتبط تتابع تكوين ميسليوم الفطر بظهور تراكيبه النكاثريية . ويعتبر سرعة إنبات الجراثيم - وما يتبعه من معدل نمو الهيفات الفطرية - من العوامل الهامة لتقدير معدل استفادة الفطر من المواد العضوية الموجودة في الروث .

وعند اختبار إنبات جراثيم فطريات الروث المختلفة على بيئة الاجار فى المعمل يلاحظ أنها تتباين فى سرعة إنباتها ، بل إن بعض هذه الجراثيم تقتل فى الإنبات ؛ وذلك لعدم مرورها خلال القناة الهضمية للحيوانات العشبية ؛ حيث تؤدي هذه المعاملة إلى تشجيع هذه الجراثيم على الإنبات ، وكسر طور السكون عن طريق تعرضها للعصارات الهضمية .

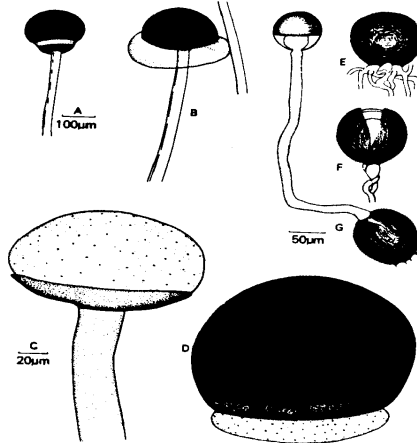
وعلى سبيل المثال ، وجد أن معظم جراثيم الفطر *Pilaira anamata* تنبت بعد تعرضها للعصارات الهضمية فى الحيوانات العشبية ، بينما لا يتم إنبات سوى ٥% فقط من الجراثيم التى تعرضت لحرارة ٣٧م° لمدة ٣ ساعات .

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 الأرنب بعد تعرضها لمعاملة تُناظر مرورها فى القناة الهضمية للأرنب .

وتتلخص هذه المعاملة بوضع جراثيم الفطر فى محلول البنكرياتين pancreatin القاعدى (رقم حموضته ٩) على درجة حرارة ٣٧م° 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 ١٨م° .

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 معنوي بين معدل نمو الميسليوم الفطري والوقت اللازم لتكوين تراكيبها التكاثرية . فعلى سبيل المثال وجد أن معدل نمو الفطر *Sordaria fimicola* كان ١٩ ملليمتر / يوم ، بينما كان معدل نمو الفطر *Ascobolus glaber* ١٢ ملليمتر / يوم ، وظهرت الأجسام الثمرية للفطر الأول بعد ٩ ، أيام وللآخر الثاني بعد ١١-١٢ يوم .



شكل (٦ - ٢٣) : الفطر *Pilaira anamala* .

- A = حامل أسبورانجى نام على كتل براز الأرناب ؛ حيث يبدو تشقق الجدار عند قاعدة الكيس الأسبورانجى .
 B = كيس أسبورانجى محاط به حلقة مخاطية ملتصقة بالهيفات الفطرية .
 C = عوعد columella بعد انفصال الكيس الأسبورانجى .
 D = كيس أسبورانجى منفصل ، موضعا الحلقة المخاطية القاعدية .
 E = جرثومة زيجية .
 F.G = مراحل إنبات الجرثومة الزيجية .

وعلى العكس من المثال السابق، وجد أن معدل نمو الفطر *Anacon ancedo* كان ٩.١ ملليمترًا يوميًا ، وللفطر *Pilaura anamata* كان ٤.٨ ملليمترًا يوميًا . وعلى الرغم من معدل النمو الميسليومي للفطرين السابقين ، فإن تراكيبيهما التكاثرية تكويست بعد يومين فقط (Hudson, 1986) .

ويعتبر معدل نمو ميسليوم الفطر *Coprinus* بطيئًا نسبيًا ؛ حيث يتراوح بين ٣.٢ و ٤.٤ ملليمترًا يوميًا ، ولكن هذا المعدل البطيء قد يكون أسرع نسبيًا من نمو هيفات بعض الفطريات الأسكية التي تكون ثمارها قبل هذا الفطر البازيدي .

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 الأكلة العشب ، كما أنها تكون حواملها الأسبورانجية وتتضح أكياسها الأسبورانجية أسرع من أي فطر آخر ؛ وبالتالي فهي تسبق جميع الفطريات في الظهور على الروث .

والتفسير الذي تقترحه هذه النظرية لنتابع 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 الأجاركية agaric type إلى وقت طويل لتكوينها ، بالمقارنة بالوقت اللازم لتكوين الحوامل الأسبورانجية والأكياس الأسبورانجية للفطريات الزيجية .

وبالإضافة إلى ما سبق ، يلعب التوازن الحيوي وعلاقة الفطريات بعضها ببعض في الروث دورًا فعالًا في تحديد ترتيب ظهور التراكيب التكاثرية لهذه الفطريات ؛ مثل التنافس الداخلي بين الأحياء الدقيقة داخل الروث على المواد الغذائية ، وما يتبعه من علاقات معقدة بين هذه الأحياء الدقيقة .

ويشارك في هذا التنافس عديد من الكائنات الحية الدقيقة التي تتواجد طبيعيًا في الروث ؛ مثل : البكتيريا ، والبروتوزوا ، والفطريات ، والنيماطودا . وبعد قذف الروث على سطح الأرض يكون هدفًا لعديد من الكائنات الحية الأخرى لتتغذى عليه ؛ مثل : الحشرات ، والحلم ، وديدان الأرض .

٣ - التنافس على العناصر الغذائية :

تبدأ جراثيم الفطريات المختلفة في الإنبات بعد قذف الروث مباشرة ، متنافسة على المركبات الكربوهيدراتية البسيطة أثناء نموها . وفي الوقت الذي تبدأ هيفات الفطريات الاسكية والبازيدية في إفرار إنزيماتها المحللة للهيميسيليلوز والسيليلوز ، تكون الفطريات الزيجية التابعة لرتبة الميوكورات قد بدأت في تكوين حواملها الأسبورانجية .

وفي هذه المرحلة ، تبدأ الفطريات الاسكية في تكوين أجسامها الثمرية ، وتستمر في ذلك ما دام يوجد مصدر كاف من السيليلوز يسد احتياجاتها الغذائية . وأخيرا لا يتبقى في الروث سوى اللجنين ، الذي لا تحلله سوى الفطريات البازيدية ؛ حيث تحلل جميع المركبات العضوية المعقدة تحليلا تاما ، ثم تبدأ في تكوين أجسامها الثمرية قبل استنفاد مصادر الغذاء في 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 - في الواقع - يكون أكثر تعقيدا . ويستمر تحليل مكونات الروث بفعل طوائف الفطريات المتتالية ، التي لا تكاد تختفي 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 التي تؤثر في نمو وتكاثر بعض الفطريات .

فعلى سبيل المثال ، تشجع الأمونيا إنتاج الأكياس الأسبورانجية في فطر قاذف القبعة *Pilobolus kleinii* . وفي 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 ، والتي 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 القعدة على الأحماض الدهنية - كمصدر هام للمركبات الكربوهيدراتية - أكثر من اعتماده على السكريات البسيطة مثل الخماسية والسداسية ؛ حيث توجد هذه الأحماض الدهنية بوفرة في الروث الطازج ؛ مما يعمل على تشجيع نموه في هذه المرحلة المبكرة من تحليل الروث .

ولقد اعتمدت الأبحاث التي أجريت لدراسة تنافس فطريات الروث على العناصر الغذائية ، على إعادة تجهيز كئل براز الأرنب وتعيمها بالإشعاع ؛ حيث يتكون روث متجانس التركيب وخال من الأحياء الدقيقة ، أطلق عليه اسم " copromes " (Wood & Cooke, 1984) .

واستعملت مادة براز الأرنب المعاد تجهيزها في عديد من الأبحاث بعد ذلك ؛ فلقد حفن الباحثان (Safar & Cooke, 1988) جراثيم أسكية سبق إنباتها لثلاثة من فطريات الروث الأسكية في هذا البراز وهى : *Sordaria macrospora* ، و *Ascobolous cremulatus* ، و *Chaetomium bostrychodes* ، سواء مفردة ، أم مزدوجة ، أم الفطريات الثلاثة مجتمعة .

وتم فحص الأجسام الثمرية الأسكية على مادة براز الأرنب 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 الالكلة العشب على الفطريات فحسب ، بل أيضا تتنافس الكائنات الحية الأخرى ؛ مثل : عشائر البكتيريا ، والبروتوزوا ، والنييماتودا ، 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 .

وفي دراسة استخدم فيها براز الأرناب الصناعي copromes المعاد تجهيزه ، تم حقنه بجراثيم سبق إنباتها للفطر *Pilobolus crystallinus* بصورة نقيه ، 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 الأسبورانجية 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 كونيديا synnemata بنفسجية اللون ، وخاصة على الروث الجاف للماشية وكرات براز الأرناب .

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 لعدد من فطريات الروث بما فيها الأنواع التابعة للجنسين *Pitaira* و *Ascobolus* ؛ حيث تنتشوه أطراف الهيفات . كما يؤدى وجود الفطر *Stilbella* فى كرات براز الأرناب 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 والتي تفرز مضادات حيوية، مثال ذلك الفطر *Poronia punctata* ، وهو فطر أسكى بطى النمو ، تظهر ثماره متأخرة على روث الماشية . وتعمل المضادات الحيوية المفزة من الفطر السابق على تثبيط نمو عديد من الفطريات الأسكية الأخرى ؛ التي تكون ثمارها الأسكية مبكرا على روث الماشية (Wicklow & Hirschfield, 1979) .

٥ - التداخل الحيقي hypal interference :

هو أحد أنواع التضاد المعتدل بين بعض الفطريات وبعضها الآخر ؛ حيث اكتشف لأول مرة في فطريات الروث خاصة الفطر *Coprinus heptemeris* . 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 .

وفي إحدى الدراسات (Harper & Webster, 1964) استعمل فيها كتل براز الأرناب المعاد تجهيزها ، حيث تم حقنها بمعلق جراثيم الفطر *Coprinus heptemeris* مع جراثيم لفطريات أخرى مثل : *Pilaira anamala* ، و *Ascobolus cremulatus* ، ووجد أن معدل تكوين التراكيب الجرثومية للفطرين الأخيرين قد انخفض بشدة نتيجة وجود الفطر *C. heptemeris* .

كما اختبر تأثير الفطر *C. heptemeris* على نمو وتجراثم 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 في مادة الروث المستعملة في التجربة .

وفي دراسة أخرى ، تم إنماء الفطر *C. heptemeris* مع الفطر الحساس *Ascobolus cremulatus* معا على بيئة الأجار . وخلال الدقائق الأولى من تلامس هيفات الفطرين معا ، لم يلاحظ أى تأثير على النمو الفطرى ، ولكن بعد ذلك شوهدت تغيرات كبيرة في هيفات الفطر *A. cremulatus* ؛ حيث توقفت عن النمو ، وتكونت عديد من الجدر العرضية ، وتحوصلت المحتويات الداخلية للخلايا ، وقل انتفاخها .

وعند إجراء اختبار البلازمية plasmolysis test لخلايا هيفات الفطر *A.*

crenulatus، وجد أن خلايا هيفات الفطر البعيدة عن تلامس هيفات الفطر (*heptemeris* كانت موجبة للاختبار ؛ مما يدل على حيويتها ، بينما لم تستجب هيفات الفطر السابق المتلامسة مع الفطر المضاد للاختبار 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 هيفات 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 هيفات الفطر المضاد لجانب هيفات الفطر الحساس ، وانهبأر خلايا الفطر الأخير وموتها ، فلقد وضعت الفطريات المضادة فى مجموعة الفطريات الثاقبة *peaking order* ؛ حيث يعتبر الفطر *C. heptemeris* أكثر هذه المجموعة تأثيراً (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. heptemeris* لهيفا الفطر الحساس *A. crenulatus* أدى إلى تدهور الغشاء السيتوبلازمى عند الخلايا المتلامسة ، كما أدى إلى بلزمتها .

وعلى الرغم من الدراسات السابقة ، فإنه ليس من المعروف حتى الآن 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 عديداً من المواد .

ويبدو أن التداخل الهيفي هو نوع محدد من التضاد الحيوي ، تتركز فاعليته في طرف هيفا لفطر مضاد ، ومناطق هيفية لفطر اخر حساس ، ويؤدى ذلك الى موت خلايا هيفات الفطر الحساس ، وعدم قدرته على تكوين تراكييه 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 بمداهها العوائى 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 كيميائيا ، ثم تخترق هيفات الفطر المتطفلة هيفات الفطر العائل وتنمو داخله مكونة مصصات haustoria تمتص بها المحتويات الغذائية .

ويفسر النمو الضعيف للفطر المتطفل أثناء غياب العامل الفطري المناسب بوقف التمثيل الغذائي للأحماض الدهنية المعقدة غير المشبعة ؛ مثل حمض اللينولينيك linolenic acid الذي يتوفر في هيفات الفطر العائل .

وتلعب درجة الحرارة السائدة دورا في تحديد سلوك الفطر المتطفل *Piptocephalis* وتطفله على عوائله الفطرية . ففي بعض الحالات ينخفض معدل نمو هيفات الفطر العائل ، بينما في حالات أخرى قد تموت هذه الهيفات نتيجة الإصابة بالفطر المتطفل .

ولقد وجد (Wood & Cooke (1986) أن نوعين تابعين للجنس *Piptocephalis* متطفلين على الفطر *Pilaira anamala* قد تسببا في تدهور نمو هيفات الفطر العائل ، وانخفاض معدل تجرثمه ؛ وذلك عندما كانت درجة الحرارة اعلى من ٣٠ م .

٧ - الافتراس Predation :

يوفر الروث مادة غذائية غنية لعدد من الحيوانات الصغيرة المفصليات الأرجل التي تأقلمت على الحياة في الروث . وبمجرد أن تغذف الحيوانات الاكلة العشب روثها على سطح الأرض ، فإن عديدا من الحشرات تنجذب اليه وتضع بيضها عليه ؛ مثل الذباب التابع لمجموعة Muscidae ، بينما تضع بعض الحشرات الأخرى يرقاتها مباشرة على الروث ؛ مثل الافراد التابعة لمجموعة Sarcophagidae .

وعند تراكم كميات من روث الأبقار ، تقوم بعض الخنافس (مثل *Aphodius*) بحفر أنفاق داخلها ؛ حيث تدخل هذه الأنفاق عديداً من الحيوانات الصغيرة من مفصليات الأرجل . ويؤثر وجود الخنافس - وغيرها من مفصليات الأرجل - على نمو عشاير الفطريات في الروث ، سواء بطريقة مباشرة أم غير مباشر .

فعلى سبيل المثال ، تقوم الحشرات بنقل جراثيم وهيفات أنواع عديدة من الفطريات الى 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 ، وتحسن التهوية داخله ، كما تساعد على تجانس خلط مكوناته ، وأيضا تشجع نمو الكائنات الحية الدقيقة الأخرى كالبكتيريا . ومن ناحية أخرى تتغذى بعض هذه الحشرات على النيما تودا النامية في الروث .

ولقد تمت دراسة تأثير مفصليات الأرجل على روث الحيوانات الاكلة العشب ،

و علاقة تلك بفطريات الروث . ففي تجربة معمّلة (Breymeyer et al . 1975) تمت إضافة عدد مختلف من يرقات الحشرات الثنائية الأجنحة من مجموعة Scarabaeida و Anthomyidae إلى عشرة جرامات من كتل براز الغنم .

وبعد ستة أيام من التحضين ، تم عد المستعمرات الفطرية باستعمال طريقة الأضواء المصنوبة ؛ حيث أظهرت النتائج أن عدد المستعمرات الفطرية في كتل براز الغنم - التي أضيفت إليه ٢٠ يرقة - انخفض إلى الثلث ، بالمقارنة بالعدد الموجود في كتل براز الغنم دون يرقات .

وفي تجربة حقلية على روث الماشية في الولايات المتحدة ، قدر Lussenhop et al (1980) الكتلة الميكروبية عن طريق تقدير أطوال الهيفات الفطرية وعدد الخلايا البكتيرية ؛ وذلك في وجود الأطوار الكاملة لحشرة *Aphodius* ، وأيضاً في عدم وجودها ؛ حيث أظهرت النتائج انخفاض كتلة هيفات فطريات الروث في وجود الحشرة ، وخاصة عند وجود الروث في منطقة كثيفة الأعشاب ؛ ويرجع ذلك إلى تغذية هذه الحشرات على هيفات الفطريات .

٨ - ظاهرة التآزر 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 *Vicmotidha fimicola* ، والفطر الأسكى *Eurotium repens* .

ويتميز الفطر *V. fimicola* بتكوين أجسام ثمريّة 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 في الطبيعة على كتل براز الأرانب ، وعلى روث الماشية على صورة أجسام ثمريّة دورقية ، ولكن عند نموه على البيّنات الغذائية في المعمل فإنه يكون هيفات مقسمة وكونيديات فارورية phialoconidia ، ولكنه لا يكون الأجسام الثمرية الأسكية على البيّنات الغذائية إلا نادراً .

ولقد وجد (Cain & Weresub 1957) أن هذا الفطر يمكنه تكوين الأجسام الثمرية الأسكية بوفرة على البيئات الغذائية في المعمل إذا نما معه الفطر *Jaurotum repens*. وعند إضافة مترشح البيئة النامي عليها فطر *E. repens* إلى البيئة النامي عليها الفطر *V. fomicola* يزداد نموه الميسليومي ، ولكن لم تؤد هذه المعاملة إلى تشجيع تكوين الأجسام الثمرية الأسكية .

ولا يعتبر الفطر *E. repens* من فطريات الروث ، ولكن عند إعادة هذه التجربة باستعمال كتل براز الارانب المعقمة المعاد تجهيزها (copromes) ، وحقنها بالفطر *V. fomicola* في وجود بعض فطريات الروث الأخرى ، أدى ذلك إلى تشجيع الفطر السابق وتكوينه للأجسام الثمرية الأسكية القارورية .

ولقد حاول بعض الباحثين دراسة هذا العامل الذي يشجع الفطر *Viemontidia fomicola* على تكوين ثماره الأسكية الدورية ؛ حيث وجد أنه مترشح خال من الخلايا يمكنه المرور من خلال أنابيب الفصل الغشائي dialysis tubing . وعلى الرغم من تحديد هذا العامل المشجع لتكوين ثمار الفطر ، إلا أن ذلك يدل على احتياج الفطر إلى مواد إضافية خارجية تفرزها بعض الفطريات الأخرى التي تشجعه على تكوين أجسامه الثمرية .

ومن الأمثلة الأخرى التي توضح ظاهرة النضافر ، تشجيع تجرثم فطر قاذف القبعة بواسطة مادة الكوبروجين coprogen ؛ حيث يستطيع هذا الفطر (*Pilobolus*) النمو على بيئة آجار 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 حديدي عضوي (Sideramine) (organo-iron compound) ، تنتجها بعض الفطريات والبكتيريا النامية طبيعيا في الروث .

ولقد أظهرت الدراسات أن مادة الكوبروجين تلعب دورا مهما في تغذية فطر قاذف القبعة *Pilobolus* ؛ وذلك من ناحية امتصاص الحديد ونقله ؛ حيث يؤدي ذلك إلى زيادة نمو هيفات الفطر وتكوين الأكياس الغذائية trophocysts والأكياس الأسبورانجية sporangia .

وحيث ان تكوين الأكياس الإسبورانجية لفطر قاذف القبعة *Pilobolus crystallinus* على كتل براز الأرانب يقل مع الوقت ، فلقد اعتقد الباحثان Harper & Webster (1964) أن ذلك يرجع الى انخفاض مستوى مادة الكوبروجير في الروث. وعلى الرغم من ذلك ، لم يتأثر نمو هذا الفطر ولا تكوينه للأكياس الغذائية ولا للأكياس الإسبورانجية 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 الإسبورانجية محدودا ، وعندما تلوثت هذه المزرعة بالفطر *Mucor plumbeus* زادت قدرة فطر قاذف القبعة على تكوين الأكياس الغذائية والأكياس الإسبورانجية .

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 الإسبورانجية لفطر قاذف القبعة.

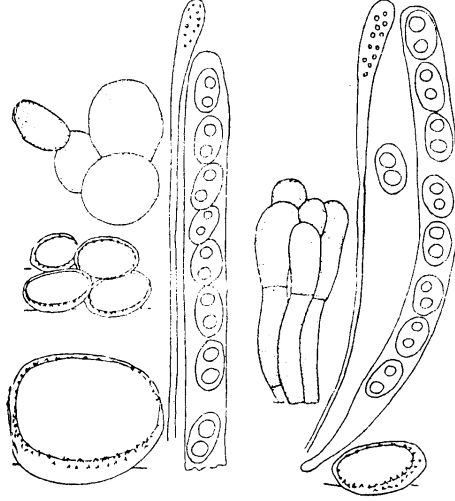
عاشرا - المراجع References :

- Alexopoulos. C. J. (1962). Introductory Mycology. 2nd ed. Wiley. New York
- Angel. K. and D. T. Wicklow (1975) . Relationships between coprophilous fungi and faecal 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. Webster (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.
- Ikediegwu, F. E. O. (1976) . Ultrastructure of hyphal interference between *Coprinus heptemerus* and *Ascobolus crenulatus*. Trans. Br. mycol. Soc. 66 : 281 - 290 .
- Ikediegwu, 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 availability 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 spoolation 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. Bocoock 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 among 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 faeces. 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 granulostrigata* (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 خرافي يسمى العنقاء phoenix ، يُعمّر 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 الإنساني ، 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 التي 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 ، والتي تظهر ثمارها على الرماد المتخلف عن حرق النباتات . ويقصد بالاصطلاح " phoenicoid fungi " تلك الفطريات المنبعثة من الرماد Carpenter & Trappe the ashes ؛ حيث يرجع استعمال هذا المصطلح إلى الباحثين (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 ويفصد به الفطريات التي تعيش على الأرض المحترقة living on burnt ground .

ومن المألوف ظهور حرائق في المسطحات المزروعة ومناطق العائسات : سواء عمداً للتخلص من الأشجار الميتة وبقايا الفروع والأوراق المتساقطة على الأرض ، أو عن طريق عوامل طبيعية لا دخل للإنسان فيها مثل الصواعق ، أو 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 هي الحال في غابات الصنوبر المترامية الأطراف بجنوب الولايات المتحدة .

ولقد درست العشائر الفطرية التي استطاعت النمو بعد انتهاء مثل هذه الحرائق المدمرة في الغابات ، وأيضاً الحرائق التي يوقدها الإنسان للتخلص من مخلفات الأشجار الميتة والفروع المتساقطة على الأرض في المروج والحدائق ، وكذلك الحرائق الناتجة عن الثورات البركانية ، والتي تصب حممها على الكساء النباتي بمختلف أنواعه .

ويتوقف مدى التأثير الضار الناتج من مثل هذه الحرائق على مدة اشتعالها وشدتها ؛ حيث يختلف ذلك التأثير اختلافاً معنوياً من ناحية تأثيره على التراكيب الفطرية الموجودة تحت سطح الأرض ، أو في الجذور المدفونة في أعماق التربة .

ففي الحرائق الطبيعية التي تشتعل في الغابات ، تحترق الأشجار وغيرها من النباتات وتدمر ، ولا تترك النيران سوى جذوع خشبية محترقة ورماد على سطح الأرض ، بينما لا يتعمق تأثير هذه النيران الحراري إلا لمسافة محدودة جداً تحت سطح الأرض لا تتعدى عدة سنتيمترات .

وعلى العكس من ذلك ، ففي الأماكن التي يتم فيها تجميع الأوراق الجافة والفروع النالفة المتساقطة من الأشجار في أكوام كبيرة لحرقها في 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 حوالي 500°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 ، هي :

- ١ - طبقة الرماد الأبيض White ash layer : وهي تقع على عمق يتراوح بين نصف سنتيمتر وأربعة سنتيمترات .
- ٢ - طبقة الرماد الأسود المحتوية على المواد العضوية المتقدمة Black ash layer : وهي تقع على عمق يتراوح بين سنتيمتر واحد وأربعة سنتيمترات .
- ٣ - طبقة الدبال الخام Raw humus layer : وهي تقع على عمق يتراوح بين سنتيمتر واحد وسبع سنتيمترات .
- ٤ - طبقة الرمال الرمادية المحمرة Reddish-grey sand layer : وهي تقع على عمق يتراوح بين أربعة سنتيمترات و ١٣ سنتيمترا .
- ٥ - طبقة الرمال الصفراء Yellow sand layer : وهي تقع أسفل الطبقة السابقة .

أولا : التغييرات الكيميائية والطبيعية والحيوية في التربة بعد تعرضها للحريق :

تشمل التغييرات الكيميائية المصاحبة لحرق مخلفات الأشجار زيادة في رقم حموضة التربة ، بصاحبها ارتفاع كمية الأملاح المتراكمة فوق سطح التربة بعد انتهاء حرق هذه المواد العضوية . ويصل رقم الحموضة في طبقة الرماد الأبيض إلى ٩,٨ - ١٠,٢ (Peterson, 1970) ، بينما سجل باحثان آخران زيادة في رقم الحموضة تصل إلى ٣ - ٥ وحدات عن الحالة الطبيعية بعد انتهاء الحريق وتراكم الرماد المتخلف عنه .

وترجع زيادة رقم الحموضة pH - value في 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 في ماء التربة . ومن أمثلة هذه الأملاح ، أملاح الكربونات والفسفات .

وعند سقوط الأمطار ، تذوب هذه الأملاح وتتخلل الطبقة السطحية من التربة ؛ ويؤدي ذلك إلى ارتفاع رقم حموضة التربة في طبقة الدبال الخاد الموجودة في الطبقة

السفلى من التربة . وينتج عن ارتفاع رقم الحموضة زيادة أعداد العشاير البكتيرية ؛ مثال ذلك : البكتريا المثبتة للأزوت الجوى لانتكافيا *N₂-fixing bacteria* من الاجناس *Azotobacter* ، و *Clostridium* (Ahlgren, 1974) .

وتنتج هذه الطبقة البيضاء من الرماد المتخلف عن الحرق الكامل لفرع الأشجار ، والتي تتميز بمحتواها العالى من العناصر المعدنية ، أكثر مما تتوى 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 الكربونات والكبريتات والكلوريدات القابلة للذوبان فى الماء تدريجيا من على سطح التربة ؛ بحيث تختفى خلال عام واحد من حرق مخلفات النباتات التي تم حرقها ، بينما تبقى أملاح أخرى - لسنوات طويلة - متراكمة على سطح التربة ؛ مثل أملاح كربونات الهيدروجين *hydrogen carbonate* التي 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 3 سنوات من حرق مخلفات الأشجار .

ومن الأملاح الأخرى - التي 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 في مناطق حرائق الغابات الطبيعية ؛ حيث ترتفع ألسنة اللهب لتتحرق 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 في 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 التسي 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 يتصافد حدوثها بين الحين والآخر ، 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 تحت 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 المنبثقة من الرماد :

قسم (Peterson (1970 الفطريات المنبثقة من الرماد إلى أربع مجموعات :

المجموعة الأولى :

تشمل أنواعا من الفطريات التي تكون أجسامها الثمرية على التربة المحترقة ؛ مثال ذلك : الفطريات *Anthracobia* spp. ، و *Peziza anthracima* ، و *Ascobolus carbonaria* ، و *P. echinospora* ، و *P. petersii* ، و *Sphaerosporella himulea* ، و *Trichophaea ubundans* ، و *Geopetalum carbonarum* ، و *Tephrocye carbonaria* ، و *Pholiota carbonaria* .

المجموعة الثانية :

تشمل أنواع الفطريات التي تنمو على الأرض المحترقة ، وقد ينتشر بعضها في الأراضي غير المحترقة ذات الظروف السبئية ؛ مثال ذلك الفطريات : *Geopyxis carbonari* ، و *Peziza atrovinosa* ، و *Trichophaea Octospora* spp. ، و *T. hemisphaeroides* ، و *P. praetervisa* ، و *gregaria* .

المجموعة الثالثة :

تشمل أنواع الفطريات التي 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 :

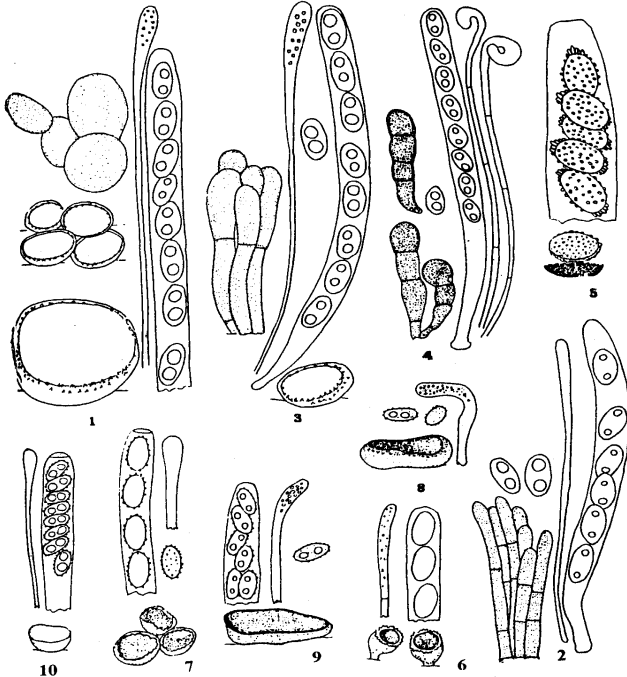
تشمل انواع الفطريات التي تنمو - احيانا - على الارض المحترقة ، ولكنها شائعة الانتشار على الاراضى غير المحترقة .

ولقد درس (Peterson) (1970) وقت ظهور الاجسام الثمرية للفطريات المنبعتة من الرماد ، والتي اطلق 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 الاجسام الثمرية لهذه الفطريات .

فعلى سبيل المثال ، ارتبط المعدل النسبى لظهور الاجسام الثمرية الاسكوية للفطر *Anthracobia melaloma* بالرطوبة النسبية . كما شملت الدراسة السابقة اربعة انواع من فطريات عيش الغراب ؛ هى : *Myxomphala maura* ، و *Geopetalum carbonarium* ، و *Ripartites tricholoma* ، و *Tephroclybe carbonaria* ؛ حيث ظهرت هذه الفطريات خلال فصل الخريف .

كما ظهرت فطريات اخرى خلال فصلى الربيع والخريف ؛ حيث توفرت الرطوبة الكافية لتكوين اجسامها الثمرية ، مثال ذلك الفطريات : *Coprinus angulatus* ، و *Geopyxis carbonaria* ، و *Peziza praetervisa* ، و *Trichophaea hemisphaerioides* .

ولقد وجد ان معظم فطريات الرماد تميل الى تكوين اجسامها الثمرية خلال فصلى الربيع والخريف ؛ حيث تعزى قلة ظهور هذه الفطريات خلال فصل الصيف الى انخفاض الرطوبة النسبية . كما تختلف هذه الفطريات - فيما بينها - فى الزمن اللازم مروه بعد انتهاء الحريق لى تكون ثمارها ، وكذلك المدة التى يستمر فيها الفطر مثمرا .



شكل (١ - ٧) : بعض الفطريات المنبثقة من الرغامى التابعة للفطريات الأسجية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة . Discomycetes

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| 1 - <i>Anthracobia macrocystis</i> | 2 - <i>A. maurilabra</i> |
| 3 - <i>A. melaoma</i> | 4 - <i>A. uncinata</i> |
| 5 - <i>Ascobolus carbonarius</i> | 6 - <i>Geopyxis carbonarius</i> |
| 7 - <i>Peziza echinospora</i> | 8 - <i>P. petersii</i> |
| 9 - <i>P. praetervisa</i> | 10 - <i>P. proteana</i> |

ولقد قسمت هذه الفطريات إلى أربعة أقسام :

المجموعة الأولى :

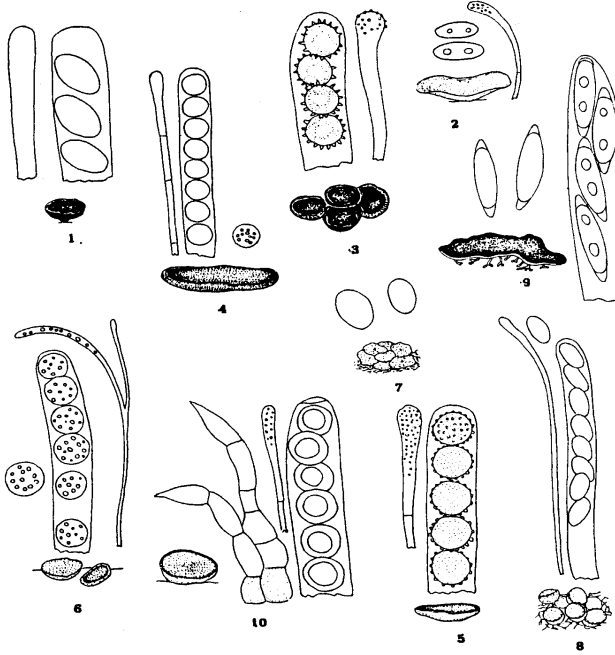
فطريات تكون ثمارها بعد سبعة أسابيع من انتهاء الحريق ، وتنتهى من تكوين ثمارها بعد حوالي ٤٠ أسبوعا ؛ مثال ذلك فطريات : *Anthracobia spp* ، و *Trichophaea abundans* .

المجموعة الثانية :

تضم مجموعة متباينة من الفطريات التي تكون ثمارها بعد ١٠ - ١٥ أسبوعا من انتهاء الحريق . وتختلف المدة التي تستمر فيها هذه الفطريات مثمرة اختلافا كبيرا تبعاً لنوع الفطر . فعلى سبيل المثال لا تزيد هذه المدة على ١٠٠ أسبوع في الفطر *Peziza trachycarpa* ، بينما تصل إلى ١٥٠ أسبوعا في الفطر *P. praetervisa* ، وتزيد على ١٥٠ أسبوعا في الفطر *Tephrocye carbonaria* ، وتصل إلى ١٩٠ أسبوعا في الفطر *Pholiota carbonaria* .

المجموعة الثالثة :

تحتاج فطريات هذه المجموعة إلى حوالي ٢٠ - ٥٠ أسبوعا لكي 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 المنبجعة من الرماد التابعة للفطريات الأسكية ذات الأجسام الثمرية المفتوحة Discomycetes .

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1 - <i>Peziza septiata</i> | 2 - <i>P. violacea</i> |
| 3 - <i>Plicaria anthracina</i> | 4 - <i>P. leicarpa</i> |
| 5 - <i>P. trachycarpa</i> | 6 - <i>Pulvinula convexella</i> |
| 7 - <i>Pyronema domesticum</i> | 8 - <i>P. omphalodes</i> |
| 9 - <i>Rhizina undulata</i> | 10 - <i>Sphaerosporella brunnea</i> |

المجموعة الرابعة :

تحتوى هذه المجموعة أيضا على فطريات متباينة ، وتشمل أنواعا لا تكون ثمارها - عادة - إلا بعد حوالي 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* .

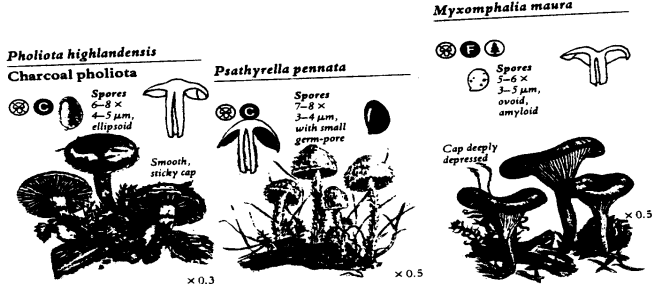
وبالإضافة إلى ما سبق ، تشمل هذه الفطريات الفطر *Neotiella hetieri* ، والفطر *Octospora spp.* الذى تتواجد ثماره الأسكية المفتوحة على طبقة الأشن والطحالب moss carpet النامية على سطح التربة فى أرضية الغابة .

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 المنفحمة .

وعادة ما تنمو هيفات الفطر وأشكاله الجذرية (الريزومورفات rhizomorphes) على جذور الأشجار التى تعرضت للحريق ؛ حيث تنتشر رأسيا فى عمق التربة ؛ مختربة 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 يحتفل أن يكون متطفلا عليها ؛ حيث تنمو الأشكال الجذرية خلال طبقة

الدبال بين الأشجار ، وتقوم بعدوى الجذور الأخرى السليمة . (Jalaluddin, 1967 a,b)

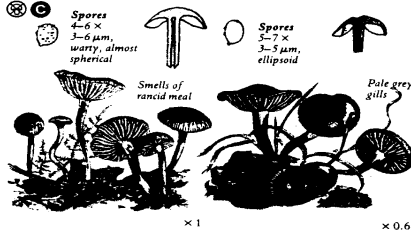


شكل (٧ - ٣) : أمثلة لبعض فطريات عيش الغراب المنبعثة من الرمام .

- أ - الفطر *Myxomphalia maura* : تظهر ثماره عادة في غابات الأشجار المخروطية السابق تعرضها للحريق . فطر القبة يتراوح بين ٢ و ٤ سنتيمترات لونها أخضر داكن يميل إلى اللون الرمادي والخياشيم بيضاء اللون . الرائحة تشبه رائحة الفاكهة . تظهر الثمار في الفترة من شهر سبتمبر إلى شهر نوفمبر .
- ب - الفطر *Psathyrella pennata* : تتميز ثمار هذا الفطر بالحرشيف التي تغطي المساق والقبة . القبة قطرها يتراوح بين سنتيمتر واحد وثلاث سنتيمترات ذات لون أصفر والخياشيم : بيضاء تتحول إلى اللون البني المسود . تظهر الثمار في الفترة من شهر سبتمبر إلى شهر نوفمبر .
- ج - الفطر *Pholiota highlandensis* : يعرف هذا الفطر أيضا تحت اسم *P. carbonaria* . يكون الفطر تجمعات من ثمار عيش الغراب . القبة يتراوح قطرها من ٢ - ٧ سنتيمترات ، مسطحة ، لمساق ذات لسون بني . الخياشيم متزاحمة بنية اللون . تظهر الثمار في الفترة من شهر سبتمبر إلى شهر نوفمبر .

Tephroclybe anthracophila

T. atrata



Hebeloma anthracophilum



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 القبة من ٣ - ٥ سنتيمترات ذات شكل نصف كروي ولون بني . الخياشيم : متزاحمة ذات لون بني يشبه الصدا . تظهر الثمار فى الفترة من شهر سبتمبر إلى شهر نوفمبر .

هـ = الفطر *Tephroclybe atrata* : تنتشر ثمار هذا الفطر على التربة المحترقة . الثمار ذات رائحة تشبه رائحة الدقيق . قطر القبة حوالى أربعة سنتيمترات ، منقعدة من المركز ، يتحول لونها إلى الأسود عندما تبتل ، بينما يكون لونها بني عند جفافها . الخياشيم : بيضاء تتحول إلى اللون الرمادى . تنتشر هذه الثمار فى الفترة من شهر يوليو إلى شهر ديسمبر .

و = الفطر *Tephroclybe anthracophila* : يعترف عادة باسم *Collybia carbonaria* . القبة صغيرة يتراوح قطرها من ١ - ٢ سنتيمتر ، محدبة فى أول الأمر ، ثم تتسطح بعد ذلك . لون القبة بني 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 التي أجريت لاختبار القدرة التطفلية لبعض الفطريات الأسكية المكونة لثمار أسكية مفتوحة 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 نسبية من البذور ونقصاً في طول الجذير (Egger & Paden, 1986a) .

كما وجد أن الفطر *Sphaerosporella brunnea* يكون ميكورهيذا خارجية ectomycorrhizae على جذور عديد من أشجار الغابات؛ مثل : الصنوبر ، واللاكس، 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 لأجسام ثمرية مفتوحة ، والتي تظهر بعد الحريق Post - fire discomycetes يمكنها تكوين غلاف من هيفات الميكورهيذا الخارجية على جذور بعض الأشجار .

ولقد درس (Egger (1986) العلاقات الغذائية للفطريات الأسكية ذات الثمار المفتوحة - والتي تظهر بعد الحريق - وذلك من خلال نشاطها الإنزيمي عند نموها على مواد معروفة كيميائياً . ولقد قسمت هذه الفطريات إلى أربعة أقسام ، هي :

١ - الفطريات النامية على الأوراق الساقطة وعلى جذور الأشجار ؛ مثال ذلك: *Trichophaea* ، و *Anthracobia spp.* ، و *Ascobolus carbonarius* ، و *abundans* . وتعتبر هذه الفطريات ضعيفة في 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 عديد من إنزيمات التحليل المائي hydrolytic enzymes ؛ مثال ذلك إنزيمات تحليل السليلوز .

ويمكن نَهْدَه الفطريات التَغْذِيَّة على عديد من المواد العَصَوِيَّة 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 إنزيمات أكسدة 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 hemisphaeroides* :

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 الأسكية 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 ان تعرض التربة للحرارة المرتفعة نور حرقها يؤدي الى زيادة قابلية المواد العضوية و غير العضوية للذوبان ؛ ويرجع ذلك الى عديد مسن التعبيرات التي تحدث في مكونات التربة ؛ فعلى سبيل المثال تزداد المواد العضوية ذات السوزن الجزئي المنخفض . وتعمل الحرارة المرتفعة على حث بعض الفطريات المنبعثة من الرماد على تكوين ثمارها ؛ حيث شوهدت الاجسام الثمرية لهذه الفطريات منكونة على تربة الصوب الزراعية التي تعقد باستخدام النخار 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 ان تعريض الجراثيم الأسكية للفطريات المكونة للأجسام الثمرية المفتوحة *pyrophilous discomycetes* لحرارة ٥٠م° يزيد من انباتها ؛ مثال ذلك فطريات : *Pyronema domesticum* ، و *Peziza praetervisa* ، و *Ascobolus carbonarius* .

وكذلك الحال في الفطريات الأسكية القارورية المنبعثة من الرماد *pyrophilous pyrenomycetes*؛ حيث وجد ان تعرض جراثيمها لبخار ساخن - تتراوح حرارته بين ٣٥م° و ١١٠م° أكثر من ٣ دقائق - يعمل على زيادة إنباتها . ولقد لوحظ هذا التأثير المشجع للإنبات في عينات التربة التي تعرضت للحريق ، سواء للفطريات المنبعثة من الرماد ، أم لبعض فطريات الروث التي تبقى جراثيمها ساكنة في التربة (Wicklow 1975) .

ولقد وجد (Jalaluddin (1967 a) أن الجراثيم الأسكية للفطر *Rhizina undulata* - الذي يكون أجساما ثمرية أسكية مفتوحة - يزداد إنباتها اذا تعرضت لدرجة حرارة ٣٧م° لمدة ثلاثة أيام ، وإذا تعرضت لحرارة ٤٥م° فإنها تحتاج إلى ثمانى ساعات فقط لكي تحث على الإنبات . وعند ترشيح معلق من الجراثيم الأسكية المعاملة بالحرارة من خلال مرشح Seitz ، وإضافة محلول الترشيح الى الجراثيم الأسكية غير المعاملة ، أدى ذلك الى زيادة إنباتها ، بالمقارنة بالجراثيم النابتة في الماء .

وتتحمل الجراثيم الأسكية الحرارة التي تتعرض لها خلال فترة الحريق ، فعلى سبيل المثال يمكن للفطر *Neurospora crassa* ، و *N. tetraspora* تحمل حرارة تتراوح

بين ٥٠ و ٧٠ لمدة ٥ - ٣٠ دقيقة دون أن تفقد حيويتها ، ويرجع ذلك الى أن هذه الجراثيم ذات جدر خلوية سميكة سوداء اللون (Sussman & Halvorson, 1966) .

ومن ناحية أخرى ، وجد ان تعرض العشائر الفطرية المختلفة لمثل هذه المعاملة الحرارية الناتجة عن التعرض للحريق يؤدي الى قتل معظمها أو تثبيطه ، بينما تتشط فطريات اخرى وتنمو دون منافسة . وهذا يتيح الفرصة لعشيرة الفطريات المنعثة من الرماد للنمو وتكوين اجسامها الثمرية دون غيرها من الفطريات والكانتات 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 ، ففى حين أن إضافة كمية من التربة غير المعقمة - والمحتوية على مختلف عشائر الاحياء الدقيقة - إلى التربة المعقمة قبل ثلاثة أيام من حقنها بالجراثيم الاسكية للفطر السابق أدت إلى عدم ظهور الأجسام الاسكية ؛ حيث يرجع ذلك إلى تعرض الفطر الاسكى للمنافسة .

كما يؤدي تعرض التربة لمثل هذه الحرائق إلى تغيرات فى محتوياتها الكيميائية ؛ حيث يرتفع محتواها من كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، 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 الاحياء 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 سـانـت هـيلـين 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 ؛ و التى يطلق عليها اسم " tephra " .

ولقد تتبع الباحثون (Carpenter et al., 1987) ظهور نموات هذه الفطريات وتكوين أجسامها الثمرية خلال السنوات الثلاث التالية لانتهاة الثوراة البركانية . وأظهرت نتائج هذه الدراسة أنه خلال الستة أسابيع الأولى بعد انتهاء الثوراة البركانية ظهرت أطوار كونيدية وأجسام ثمرية أسكية مفتوحة للفطر *Anthracobia melatoma* فى المناطق الرطبة من الركام البركانى ، بينما شوهدت أجسام ثمرية أسكية دورقية للفطر *Gelasinospora reticulospora* على بقايا الأشجار المحترقة .

وبعد مرور سنة ، ظهرت أجسام ثمرية أسكية مفتوحة لعديد من الفطريات المنبعثة من الرماد ؛ مثال ذلك فطريات *Peziza spp.* ، و *Rhizina undulata* ، و *Trichophaea hemisphaeroides* ، بالإضافة إلى أجسام ثمرية لفطريات عيش الغراب ؛ مثل *Coprimus plicatilis* ، و *Psathyrella* ، و *Pholiota carbonaria* ، و *Schizophyllum commune* . ولوحظت زيادة هذه الفطريات خلال فصل الخريف ، بينما قلت الفطريات الأسكية .

وعلى أية حال ، فإنه من الواضح أن هذه الفطريات المنبعثة من الرماد *phoenicoid fungi* تظهر فى هذه البيئة لأسباب عديدة ؛ فبعضها يتم حث جراثيمه للإنبات وتكوين الأجسام الثمرية عن طريق التأثير الحرارى الناتج عن الحريق ، بينما أظهرت فطريات أخرى تأقلماً واضحاً فى تحمل تراكم الأملاح المتخلفة عن الأشجار المحترقة ، والتي تعمل على رفع رقم حموضة التربة .

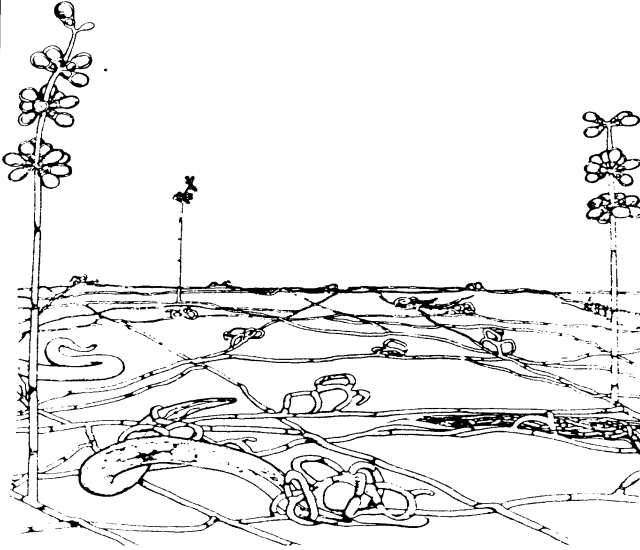
كما تؤثر العوامل السابقة على اختفاء عديد من الأحياء الدقيقة ، التي تموت معظمها بفعل الحرارة المرتفعة ، كما أن المتبقى منها ربما لا يستطيع النمو تحت هذه الظروف الجديدة . ويعمل اختفاء مثل هذه الأحياء الدقيقة على تقليل المنافسة الفطريات المنبعثة من الرماد ؛ فنتمو مكونة عشيرة فطرية متميزة فى بيئة تكاد تخلو من الحياة .

خامساً : 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. Annunati (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 patterns 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 .
- Jalaluddin. 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) . Untersuchungen 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 Tidsskrift*, 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 والنيما تودا



الباب الثامن

الفطريات المتطفلة على النيماتودا

Nematophagus Fungi

مقدمة :

تعيش الفطريات في بيئتها الأصلية في التربة وعلى المواد العضوية المتحللة مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى في عشائر متداخلة وفيرة العدد ؛ فعلى سبيل المثال يحتوى الجرام الواحد من التربة الخصبة على ملايين من أفراد هذه الأحياء الدقيقة . وهذه الوفرة في أعداد وأنواع هذه الكائنات تجعل من المحتم وجود علاقات وطيدة بينها وبين بعضها ؛ فهي تعيش في توازن ملئ بالحركة وينبض بالحياة .

وقد تتعاون هذه الفطريات مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى ، متناوبة تحليل المواد العضوية الموجودة في التربة ، وتارة تتنافس على مصدر الغذاء خاصة إذا عز وجوده ، وتارة أخرى تتاصب بعضها العداء وتهاجم جيرانها من الأحياء الأخرى ، وأحيانا لا تجد حرجا في 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 الهياكل الفطرية التي تحمل حلقات صغيرة محكمة الصنع تشبه أنشودة راعي البقر الأمريكى الشهير ، تحتال بها على الديدان الثعبانية الصغيرة (النيماتودا) الحرة التي تتجول في التربة ، وبين المواد العضوية المتحللة ساعية وراء رزقها ؛ فإذا بها تقع ضحية لهذا الفطر المخادع ، وتصبح فريسة سهلة داخل أنشوطته البارعة ، التي تنقبض بسرعة فائقة وبقسوة على جسم الفريسة الضعيف ؛ فلا تستطيع منه فكاكا ، ولا تجد لنفسها خلاصا .

وتتخرق هيفا دقيقة - يكوّتها الفطر المتطفل - جليذ الفريسة ، يُغرز منها سم زعاف (توكسين) ؛ يسرى في جسمها ، ويشل حركتها ؛ فتكف - بعد فترة قصيرة - عن محاولاتها المستميتة للتخلص من قبضة هذه الأنشوفة العجيبة . وتقوم هيفات الفطر باختراق أحشاء الفريسة وتحليلها . كما تفرز هذه الهيفات بعض المضادات الحيوية الشديدة الفاعلية ؛ التي تثبط بها نمو الميكروبات الأخرى الموجودة داخل القناة الهضمية للنيوماتودا الميتة ؛ فيستأثر الفطر بغنيمته دون أن يترك للميكروبات الأخرى فرصة لمشاركته غذاءه .

وهكذا تدور رحى حرب ضروس في 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 التلحاح والمبارزة ، والذي يأكل اليوم يُؤكل غدا .

وتعود معلوماتنا عن الفطريات المتطفلة على النيوماتودا إلى دراسات الباحث الألماني (1852) Fresenius ؛ الذي قام بفحص الفطريات النامية على المخلفات العضوية ؛ حيث جذب انتباهه أحد الأنواع الفطرية الذي يكون حوامل كونيدية طويلة ورشيقية ترتفع عدة مئات من الميكرونات عمودية على سطح البيئة التي تنمو عليها هيفات الفطر ، وكانت هذه الحوامل تحمل عددا من الكونيدات الثنائية الخلايا ، وأطلق Fresenius على هذا الفطر اسم " *Arthrobotrys oligospora* " (شكل ٨ - ١) .

وبعد ذلك بعدة سنوات ، وجد (1870) Woronin أنه عند إنبات كونيديات الفطر *Arthrobotrys* على الروث القديم المتحلل ، فإن بعض هيفات الفطر تنمو لأعلى ، وتنحني في نموها حتى تتحد مع منشأ الفرع مكونة أنشوفة (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 النيوماتودا الحرة .

وفي عام ١٨٨٨ استطاع الباحث الألماني Zopf ملاحظة أن مثل هذه التركيبات الفطرية عبارة عن شرك خادعة ، يحتال بها الفطر على النيوماتودا الحرة ؛ فإذا ما مرت من خلالها ، أطبقت عليها الأنشوفة في لمح البصر ؛ فلا تستطيع النيوماتودا الضحية فكأكا من مصيرها المحتوم . ولقد درس هذا الباحث النابه المراحل التي تلي اقتناص الفطر لفرانسه من النيوماتودا ، وتعرف على طبيعة اختراق هيفات الفطر

لجليد النيماتودا التي تم أسرها ، ونمو هيفات الفطر داخل أحشاء النيماتودا وتحليله لأنسجتها .

ويعتبر الباحث الألماني Zopf أول من درس العلاقة بين الفطر المتطفل وفرناسه من النيماتودا الحرة المتجولة ؛ حيث اعتقد أن اصطياد هذه الفطريات المتطفلة لفرناسها من النيماتودا يرجع إلى التركيب الطبيعية الباردة التي يكونها الفطر على هيفاته . ثم مر على هذه الدراسات حوالي نصف قرن ، قيل أن يوضح الباحث الألماني (1933) Drechsler أن هذه التركيب الفطرية - ذات المظهر الشبكي - لها قدرة عالية على الالتصاق بجسم فرناسها من النيماتودا الحرة التي تنحك بها خلال تجولها في التربة أو المواد العضوية ، دون أن يكون لهذه الفرانس أى أمل في النجاة .

ولقد جذب هذا الموضوع الفضول العلمي لدى كثير من الدارسين والباحثين لسنوات عديدة بعد ذلك ؛ حيث ساد الاعتقاد بأن هيفات مثل هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا تعيش مترممة في التربة في الظروف الطبيعية ، ولكنها تلجأ إلى تكوين مثل هذه التركيبات الباردة لاصطياد النيماتودا عندما يقل الغذاء المتاح لها في التربة ويشعر الفطر بالجوع .

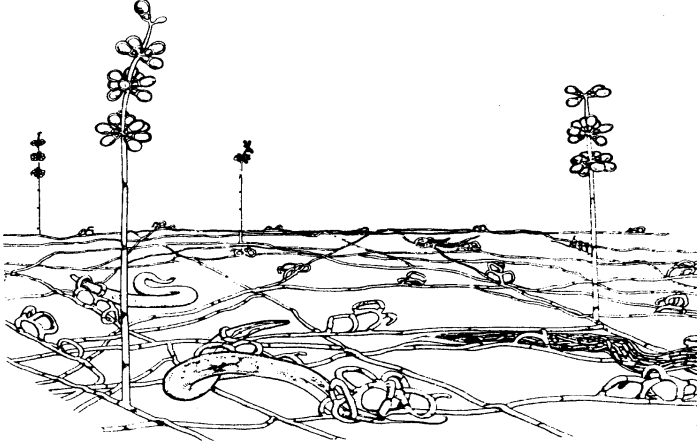
ولقد لعبت الصدفة دورا كبيرا في التعرف على حقيقة الدور الذى تلعبه هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا ؛ حيث لاحظ الباحث الألماني (1933) Drechsler - خلال عزله لبعض الفطريات الممرضة للجذور باستعمال بيئة الأجار المائي ذات المحتوى القليل من العناصر الغذائية - أن عددا من المستعمرات الفطرية والبكتيرية قد نما 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 الأجار ، تصطاد بها النيماتودا المتجولة حولها لتحللها وتتغذى عليها ، متغلبة على فقر البيئة الغذائية التي تنمو عليها .

وحيث إن Derchsler كان باحثا دقيقا وبارعا في 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 في 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 الجلييلة التي قام بها الباحث الألماني Drechsler وغيره من أمثال Duddington (من عام ١٩٥٠ إلى عام ١٩٧٢) و Barron من عام ١٩٦٩ إلى عام ١٩٨١) - وأيضا أبحاث Subramanian و Gray - في توضيح طبيعة تطفل هذه الفطريات على النيماتودا . كما وضع الباحثان (Cooke & Godfrey (1964 مفتاحا لتعريف تلك المجموعة من الفطريات شمل جميع الأنواع المعروفة .



شكل (٨ - ١) : تصور تخطيطي لنمو الفطر *Arthrobotrys oligospora* على سطح بيضة الأجار المائي ، يظهر فيه على اليسار نيماتودا حديثة الأسر ، بينما النيماتودا التي على اليمين تم اصيظادها ونمو هيفات الفطر داخلها بعد ٢٤ ساعة من الأسر . ويوضح الشكل الحوامل الكونيدية التي تنمو متصاعدة على الهيفات النامية سطحياً ؛ حيث تحمل هذه الحوامل كونيدات ثنائية الخلايا في عناقيد .

ولقد أدت هذه الدراسات والأبحاث العلمية إلى اكتشاف أكثر من ١٥٠ نوعاً من هذه الفطريات المتطفلة على الـنيماتودا ، والتي أمكن عزلها من جميع أنواع الأراضي والمواد العضوية المتحللة في كثير من دول العالم (جدول ٨ - ١) . ومازالت الدراسات تجرى على مثل هذه الفطريات التي تلعب دوراً كبيراً مع غيرها من الفطريات الأخرى المتطفلة على الأميبا والحيوانات الصغيرة الأخرى ؛ وذلك لحفظ التوازن الحيوي لأحياء التربة الدقيقة . ومازال هناك المزيد من الدراسات التي تجذب الباحثين لكشف غموض هذا العالم الخفى .

أولاً - ماهى الـنيماتودا ؟

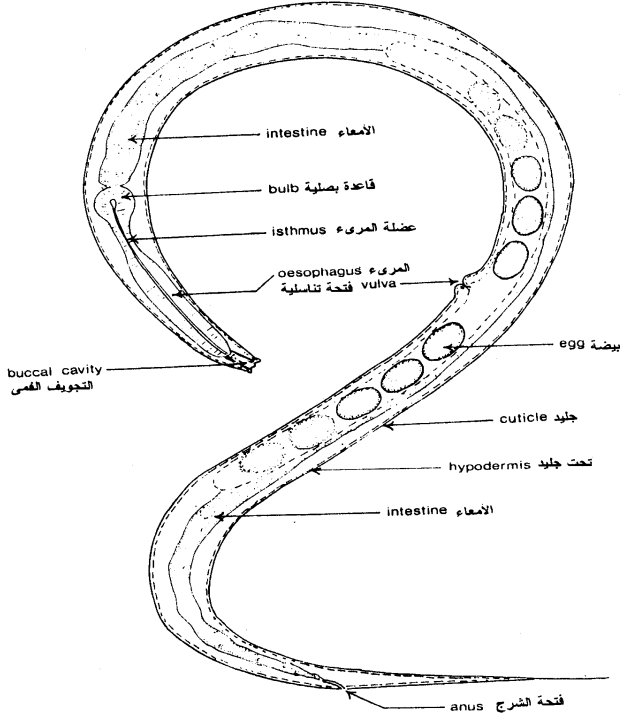
تشق كلمة نيماتودا Nematode من اللاتينية nema بمعنى " خيط " ، و eidos بمعنى " شبيه " ؛ فهى الكائنات الحية الشبيهة بالخيط ؛ لذا يطلق عليها أحياناً " الديدان الخيطية " . وقد تسمى - أيضاً - " الديدان الثعبانية eelworms " ، إلا أن ذلك خطأ شائع ؛ إذ ليس جميع أنواعها تتحرك حركة ثعبانية .

والنيماتودا حيوانات أسطوانية عديمة الأطراف ، صغيرة الحجم غالباً ، واسعة الانتشار . ويمكن وجود هذه الـنيماتودا 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 الـنيماتودا ، إلا أن هناك أنواعاً كبيرة الحجم ؛ مثل الـنيماتودا البحرية التى يصل طولها إلى ٥ سنتيمترات ، بينما هناك أنواع عملاقة من الـنيماتودا المتطفلة على الحيتان ، يصل طول بعضها إلى ٧,٥ متراً ، وتعتبر أطول الـنيماتودا المعروفة .

وتتبع الـنيماتودا الحيوانات اللافقارية ، وهى ذات جسم أسطوانى يغطيها من الخارج غلاف مرن صعب التحلل يسمى الجلد (cuticle) . والـنيماتودا وحيدة الجنس ، تتغذى على ما يحيط بها من كائنات حية أو مواد عضوية . ويتكور تجويف الفم buccal cavity تبعاً لطبيعة تغذيتها . ففي الأنواع التى تتغذى على البكتيريا يكون

تجويف الفم ضيقاً نسبياً ذا تبطين أملس ، بينما يتحور هذا التجويف إلى تركيب صلب (رمح Stylet) لاخترق أنسجة النبات ؛ وذلك في الديدان المتطفلة ، وأيضا في الديدان المفترسة لغيرها من الفرائس .



شكل (٨ - ٢) : رسم يوضح الشكل العام للديدان وأهم التراكيب التي تميز الديدان الحرة .

وتتعرض النيماتودا إلى مهاجمة عديد من الفطريات التي تتطفل عليها وتحللها . وتعتبر النيماتودا الحرة أحد مكونات عشائر الحيوانات الصغيرة microfauna في التربة الخصبة وعلى المواد العضوية المتحللة ؛ حيث تُقَدَّر أعدادها في الأراضي الخصبة وحول جذور النباتات بحوالى ١ - ٢ مليون نيماتودا لكل متر مربع . ومن المألوف وجود هذه الحيوانات الصغيرة في روث الحيوانات ، وعلى الخشب المتعفن ، وفي المياه العذبة والمالحة .

وتتحرك النيماتودا حركة تموجية تدفعها إلى الأمام ، تتم عن طريق سلسلة من التموجات الظهرية البطنية ؛ مختزفة في حركتها التربة أو الماء أو الوسط اللزج الذى تعيش فيه . ومعظم النيماتودا تفضل وجود طبقة رقيقة 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 متطفلات خارجية ectoparasites (مفترسات predatory fungi) ومتطفلات داخلية endoparasites . وتتميز أنواع الفطريات المصنفة كمتطفلات خارجية بأنها تكوّن نظاماً هيفياً في البيئة التى تنمو فيها ؛ تحمل تراكيب متخصصة (مصاد) ؛ تستعمل في 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 اختلافاً كبيراً من الناحية الوظيفية عن شبك العنكبوت ؛ لذلك يمكن اعتبار هذه الفطريات مفترسات predaceous .

وتتميز الفطريات المتطفلة داخليا على الـنيماتودا endoparasites (endozoic parasites) بعدم وجود هيفات فطرية تنمو خارج جسم الـنيماتودا المصابة، ولكن تظهر من جسم العائل حوامل كونيديية تحمل كونيديات .

وتنتشر كونيديات الفطريات الداخلية التطفل مبعثرة في التربة ، وعلى سطح المواد العضوية المتعفنة ؛ فإذا مرت أحد أفراد الـنيماتودا الحرة ولامست إحدى هذه الكونيديات، التصقت الكونيديية بجليد الـنيماتودا . وقد تتلصق الـنيماتودا ببعض هذه الكونيديات مع حبيبات التربة والمواد العضوية . وفي كلتا الحالتين تثبتت الكونيديات وتخترق جسم الـنيماتودا مخترقة الأنسجة ، ومحللة جسم الضحية . وتنمو هيفات الفطر داخل أحشاء الـنيماتودا ، بينما تتكون الحوامل الكونيديية خارج الجسم ، حاملة كونيديات جديدة مستعدة لإصابة مزيد من الضحايا .

جدول (٨ - ١) : أهم أجناس الفطريات المتطفلة على الـنيماتودا والطوائف التابعة لها (عن Gray, 1988) .

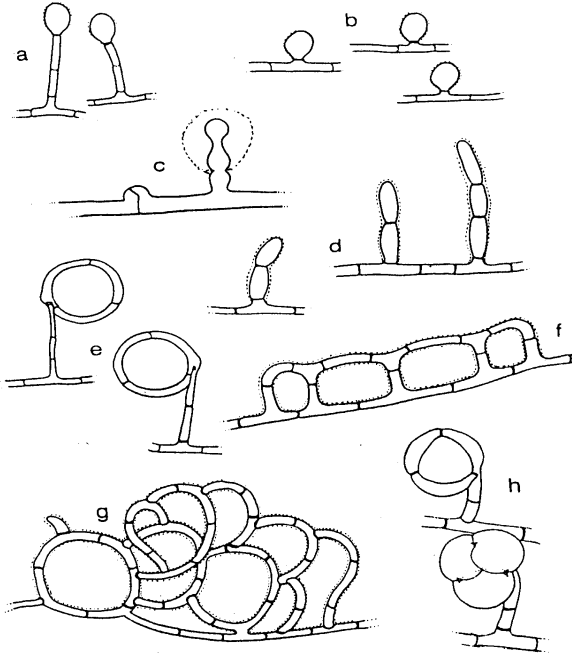
الأجناس التابعة للطائفة	الطائفة Class
<i>Catenaria</i>	١ - الفطريات الكيتريدية Chytridiomycets
<i>Haploglossa</i> و <i>Myzocyttium</i>	٢ - الفطريات البيضوية Oomycetes
<i>Nematophthora</i> و <i>Protascus</i>	
<i>Acaulopage</i> و <i>Macrobiotophthora</i>	٣ - الفطريات الزيجية Zygomycetes
<i>Asteristacrum</i> و <i>Rhopalomyces</i>	
<i>Srvlopaga</i>	
أبحاث حديثة تدل على أن الطور الكامل للفطر الناقص <i>Harposporium anguillulae</i> يتبع الجنس الأسكي <i>Atricordyceps</i>	٤ - الفطريات الأسكية Ascomycetes
<i>Pleurotus</i> و <i>Hyphoderma</i> والطور الكامل للفطر الناقص <i>Nematocionus</i> وهو يتبع الجنس اليازدي <i>Hohenbuehelia</i>	٥ - الفطريات اليازديية Basidiomycetes
<i>Arthrobotrys</i> و <i>Dactylaria</i> و <i>Dactylella</i>	٦ - الفطريات الناقصة Deuteromycetes
<i>Drechmeria</i> و <i>Harposporium</i> و <i>Monacrosporium</i> و <i>Verticillium</i>	

وفي بعض الحالات لا تكون هناك فروق واضحة بين الفطريات الخارجية التطفل (المفترسات) والفطريات الداخلية التطفل ؛ فعلى سبيل المثال ، يلاحظ أن الفطريات

المتطفلة داخلياً تنتج جراثيم هديبية zoospores تسبح في الوسط الرطب الذى تعيش فيه النيماتودا ، متجهة إليها عن طريق الجذب الكيميائى لمواد مفرزة من جسم النيماتودا ، فإذا وصلت هذه الجراثيم السابحة إلى سطح جليد النيماتودا فإنها تفقد أهدابها ، وتتوصل لفترة قصيرة ، ثم تبدأ فى الإنبات مختربة جليد النيماتودا ، وتتطفل عليها . ولما كانت الجراثيم الهديبية السابحة تطارد ضحاياها من النيماتودا وتلاحقها ، وتنجح فى الوصول إليها وإصابتها ، فإنها تعتبر مفترسات predators .

وهناك حالات أخرى أكثر تعقيدا ؛ كما هى الحال فى الجنس *Nematoctonus* ؛ حيث تصنف بعض أنواعه كمفترسات ، بينما تصنف أنواع أخرى تابعة له كمطفلات داخلية .

ونظرا لعدم وجود حدود واضحة 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 داخلياً *endozoic parasites* بأنها " متطفلات parasites " ، ويشار إلى النيماتودا الضحية بأنها " عائل host " . ويطلق بعض الباحثين على الفطر المتطفل خارجياً " مفترس predator " ، كما يطلق على النيماتودا اسم " ضحية prey " . وهكذا اختلف الباحثون فيما بينهم فى مصطلحاتهم العلمية ، بينما يلتهم الفطر ضحاياها من النيماتودا ، دون أن يعبا كثيراً بالأسماء التى تطلق عليه أو على فريسته .



شكل (٨ - ٣)

شكل (٨ - ٣) : أنواع التراكيب الفطرية المتخصصة في إصطياد الـنيماتودا الحرة بواسطة الفطريات خارجية التطل . (عن Barron, 1977) .

- a = عقد لاصقة معلقة Stalked adhesive knobs
- b = عقد لاصقة جالسة Sessile adhesive knobs
- c = عقدة لاصقة تشبه زجاجة الساعة hour-glass adhesive knob كما في الفطر *Nematocytus* .
- d = فروع 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

ثالثاً - الفطريات خارجية التطل (المفترسات) :

تنمو هيفات هذه الفطريات على المواد العضوية وفي التربة الخصبة بصورة متناثرة ، ويتوقف نموها على وجود عشيرة نيماتودية وفيرة العدد ، وعلى كفاءة هيفات الفطر في تكوين التراكيب المناسبة لإصطياد ضحاياها من الـنيماتودا للتغذية عليها .

ومعظم الفطريات المتطفلة خارجياً تتكون مصادها في وجود الـنيماتودا الحرة بالقرب من هيفاتها ؛ حيث تستجيب هذه الهيفات إلى المواد الكيميائية المشجعة لتكوين هذه التراكيب المصاندة للـنيماتودا ؛ والتي تفرز من جسم الـنيماتودا نفسه . ومع ذلك ، يمكن أن تتكون على هيفات الفطر مثل هذه المصاندة حتى في غياب الـنيماتودا .

وقد تتكون هذه المصاندة الفطرية مباشرة على كونيديات الفطر ، مكونة ما يسمى بـ " المصاندة الكونيدية conidial traps " (Dackman et al., 1992) ، أو قد تظهر هذه التراكيب على مسافات متباعدة على طول الهيفات الفطرية النامية في التربة أو على المادة العضوية .

رابعاً : التراكيب الفطرية الصائدة للنيوماتودا : Organs of capture

١ - الميخات اللاصقة Adhesive hyphae

تتميز هذه التراكيب الفطرية بوجود مواد لاصقة على سطحها ؛ يفرزها الفطر بغرض التصاقها بجليد النيوماتودا المارة بجوارها ، فإذا لامس سطح النيوماتودا هذه الهيفات التصقت بها على الفور . وينتشر هذا النوع من التراكيب الفطرية المتخصصة في اصطياد النيوماتودا في الفطريات غير الراقية ذات الميسليوم غير المقسم ؛ مثل الفطريات الزيجية Zygomycetes .

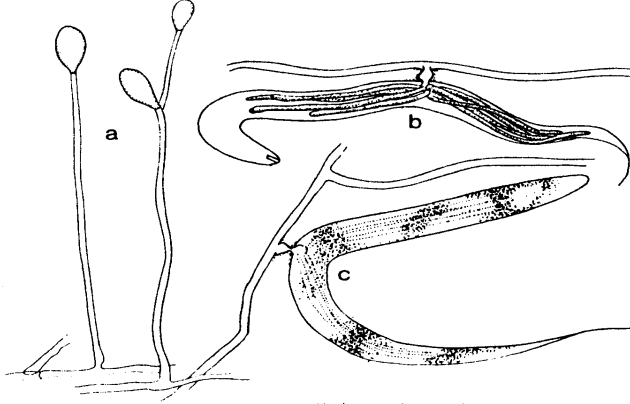
ومثل هذه الفطريات ، لا يتكون على هيفاتها تراكيب فطرية معقدة ، إلا أن الميسليوم الفطري يعمل كمصيدة لاصقة ، مستخدماً مواد لاصقة قوية ، يصعب على النيوماتودا التخلص منها . ولا توجد منطقة محدودة من الميسليوم الفطري تتميز بإفراز المواد اللاصقة ، بل تفرز هذه المواد على طول هيفات الفطر ، إما بصورة مستمرة ، وإما كاستجابة سريعة لملامسة جسم النيوماتودا الحرة لجزء من هيفات الفطر أثناء تجوالها في التربة .

وفي بعض الفطريات الزيجية المتطفلة خارجياً على النيوماتودا ، تتكون جراثيم كلاميدية سميكة الجدار ؛ كما هي الحال في الجنس *Stylopaga* . وفي الفطريات الأكثر رقياً يتكون حامل كونيدي قائم يحمل كونييدة واحدة أو عدداً قليلاً من الكونيديات ؛ كما يشاهد في الجنس *Stylopaga* . ومن أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس الفطر *S. hadra* ؛ الذي يتطفل على عديد من أنواع النيوماتودا الحرة المتجولة في التربة .

وتتميز هيفات الفطر *S. hadra* بأنها متناثرة في التربة ، وتتفرع تفرعات غير منتظمة الزوايا . والهيفات اللاصقة تكون عادة قوية وأكثر سما في المنطقة التي تلتصق منها بجسم فريسته من النيوماتودا (شكل ٨ - ٥) . وتأخذ هذه الهيفات اللاصقة لونا مصفراً مميزاً ، كما يمكن مشاهدة المادة اللاصقة التي تفرزها هيفات الفطر عند التصاقها بجسم الفريسة .

وبعد ان يتمكن الفطر من فريسته (من النيوماتودا الحرة المتجولة في التربة) ،

يكون عضو التصاق appressorium على الجزء من الهيفا الملامس لجليد النيMATودا (شكل ٨ - ٤) . ولا تنمو النيMATودا التي تم أسرها بسرعة ، ولكنها تظل حية لفترة ما ، تتحرك خلالها لمقاومة التصاق جليدها بهيفات الفطر اللاصقة ، محاولة الفرار من هذه المصيدة دون جدوى ؛ حتى تستنفذ قواها ، ويخور عزمها ، وتستسلم لمصيرها المحتوم.



شكل (٤ - ٨) : الفطر *Stylopage hadra* .

- a = حوامل كونيديّة وكونيديات .
- b = نيMATودا حديثة الأسر ، تنمو داخلها هيفات الفطر الماصة للغذاء .
- c = هيفات الفطر المتغذية على محتويات الفريسة بعد هجرة محتوياتها ، ونمو البكتريا داخل أعضاء النيMATودا المتحللة .

ويخترق جليد النيMATودا هيفا دقيقة تنشأ من عضو الالتصاق ، تنمو خلال جسم الضحية مختربة أنسجته الداخلية ، ومحللة لأحشائها ، يطلق عليها اسم " وتد العدوى infection peg " . وتتكون هيفات طويلة غير متفرعة تمتص محتويات جسم النيMATودا . وتنمو هذه الهيفات في جميع الاتجاهات على طول جسم النيMATودا ؛ حيث يطلق عليها اسم الهيفات الماصة للغذاء absorptive hyphae (شكل ٨ - ٤ - b) .

وبعد أن يتم الفطر نموه داخل جسم الفريسة وتحليله لأنسجتها الداخلية ، بهاجر 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 أخرى 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 .

وفي هذه المرحلة تنشط بكتيريا التربة في 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 في الفطريات الناقصة .

وتكون هيفات الفطر *S. hadra* حوامل كونيديية مبعثرة ؛ يحمل كل منها كونيدييدة واحدة كبيرة الحجم ، يتراوح طولها بين ٢٠ و ٤٥ ميكرونا ، ويتراوح عرضها بين ١٣ و ٢٣ ميكرونا (شكل ٨ - ٤ - a) . وتنتشر هذه الحوامل الكونيدييدة خارج جسم النيماتودا ؛ حيث تحمل بعضها كونيديات على حوامل كاذبة المحسور . ويتم إنبات كونيديات هذا الفطر من أي طرف من أطرافها .

ولم يشاهد أي تكاثر جنسى للفطر *S. hadra* ، في حين أن الأنواع الأخرى التابعة لنفس الجنس *Stylopaga* - والتي تهاجم الأميبا - تكون جراثيم زيجية *zygospores* ؛ لذلك يوضع الفطر *S. hadra* في طائفة الفطريات الزيجية *Zygomycetes* .

وعلى الرغم من تشابه المواد اللاصقة المتكونة في الفطريات الزيجية في وظيفتها مع تلك المتكونة في الفطريات الناقصة ، إلا أنها تختلف عنها في لونها وطبيعتها تكوينها . ففي الفطريات الزيجية تتراكم هذه المواد اللاصقة عند الجزء من الهيفات الملامس لجسم النيماتودا التي 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 في اقتناص النيماتودا الحرة ؛ مثل الشباك اللاصقة adhesive nets ، وهي 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 في اصطياد فرائسه .

٣ - الفروع اللاصقة Adhesive branches :

يتم اصطياد النيماتودا الحرة - في هذه الحالة - بتكوين الفطر المتطفل فروعا قائمة تتكون من هيفاته المتفرعة المقسمة . وتغطي هذه الفروع الهيفية القصيرة طبقة من مادة 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 تركيبات هيفية معقدة يشترك في تكوينها عديد من الخلايا ؛ حتى تتكون في النهاية مصيدة محكمة يصعب على النيماتودا الإفلات منها .

ويصعب التفريق - أحياناً - بين الفروع اللاصقة والعقد والشباك اللاصقة ؛ وترجع صعوبة التعرف على مثل هذه التراكيب الفطرية إلى أن الفطر الواحد يمكنه تكوين عديد من هذه التراكيب المتخصصة في اصطياد النيماتودا الحرة على هيفاته ؛ حيث تشترك جميعها في الإمساك بفرائس النيماتودا العابرة بجوار الهيفات الفطرية ؛ سواء عن طريق الصدفة ، أم نتيجة استجابة هذه النيماتودا للمواد الكيميائية الجاذبة لها والتي تفرزها هذه التراكيب ؛ فتتجه النيماتودا إلى الشُّرك المجهز لها ، دون أن تظن هي إلى حيلة الفطر المفترس .

وفي دراسة حديثة (Saxena & Mittal, 1995) على الجنس *Monacrosporium* الذي يتبع الفطريات الناقصة ، ثم التعرف على حوالي ٣٥ نوعاً من أنواع المصائد الفطرية المتخصصة في اصطياد النيماتودا في الأنواع الفطرية التابعة لهذا الجنس ؛ حيث تمت دراسة هذه التراكيب الفطرية باستعمال الميكروسكوب الإلكتروني الماسح

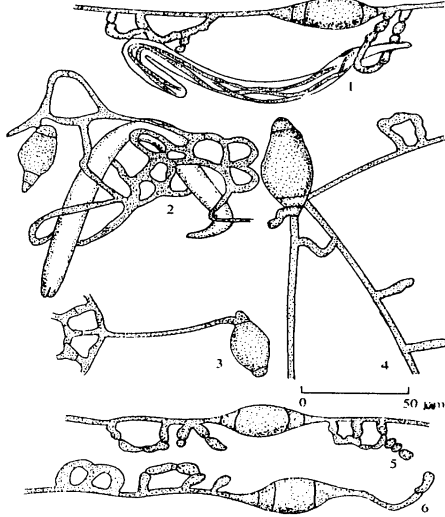
SEM ؛ للتعرف على كيفية اصطياد الأنواع المختلفة للجس *Monacrosporium* للنيماطودا الحرة *Panagrellus redivivus* . ويوضح جدول (٨ - ٢) أهم التراكيب الفطرية التي تم فحصها ، بينما يوضح شكل (٨ - ٥) بعض هذه التراكيب .

جدول (٨ - ٢) : بعض المصائد الكونيدية conidial traps التي تكونها أهم الأنواع التابعة للجس *Monacrosporium* (عن Saxena & Mittal. 1995)

نوع المصائد المكونة على كونيدياته	اسم الفطر	مستسل
حلقات منقبضة	<i>M. aphrobrochum</i>	١ -
عقد لاصقة	<i>M. asthenopagum</i>	٢ -
حلقات منقبضة	<i>M. bembicodes</i>	٣ -
فروع لاصقة	<i>M. cionopagum</i>	٤ -
شباك لاصقة	<i>M. cystosporum</i>	٥ -
شباك لاصقة	<i>M. eudermatum</i>	٦ -
عقد لاصقة	<i>M. elliposporum</i>	٧ -
فروع لاصقة	<i>M. gephyropagum</i>	٨ -
عقد لاصقة وحلقات غير منقبضة	<i>M. lysipagum</i>	٩ -
عقد لاصقة	<i>M. mamunillatum</i>	١٠ -
شباك لاصقة	<i>M. megalosporum</i>	١١ -
عقد لاصقة	<i>M. parvicolle</i>	١٢ -
عقد لاصقة	<i>M. phymatopagum</i>	١٣ -
شباك لاصقة	<i>M. salinum</i>	١٤ -
شباك لاصقة	<i>M. thaunastium</i>	١٥ -

وتتكون الفروع اللاصقة منتصبة فوق سطح البيئة التي 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 في قنص النيماطودا .

ومن المهم أن تظهر هذه التراكيب الفطرية اللاصقة مرتفعة لمسافة قصيرة فوق سطح المادة العضوية أو التربة التي تنمو عليها ؛ حيث إنها تأخذ وضعاً مناسباً يمكن لها بسهولة الالتصاق بضحاياها من النيماطودا المتجولة بالقرب من سطح البيئة أو على سطحها مباشرة ، وخاصة تحت ظروف الرطوبة العالية . وبمجرد أن تتلامس النيماطودا بأحدى هذه المصائد اللاصقة ، فإنها تمسك بها بشدة ، وسرعان ما تخترق هيفا العدوى التي 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 بشبكة من الهياكل اللاصقة متكونة من إنبات كونيدة للفطر *M. salinum* .
 - ٣ - كونيدة للفطر *M. cystosporum* تحمل حلقات لاصقة adhesive loops على هيفا الإنبات germinative hypha .
 - ٤ - كونيدة مقسمة بثلاثة جدر عرضية للفطر *M. eudermatum* ، تبدأ فسى تكوين شبكة لاصقة على هيفا الإنبات .
 - ٥ - كونيدة الفطر *M. cionopagum* منتجة فروعاً لاصقة على طرفيها .
 - ٦ - كونيدة الفطر *M. gephyropagum* ذات فريمات قصيرة ، يتحد بعضها مع بعض لتكوين شبكة هيفية .

وعادة ما تتكون الفروع اللاصقة متجاورة بعضها بجوار بعض ؛ بحيث يلتصق عديد من هذه الفروع بجليد النباتات 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 النباتات الصغيرة الحجم عادة ، بينما تستطيع النباتات الكبيرة والأكثر قوة الإفلات من المادة اللاصقة عن طريق قوة تموجات عضلاتها ، وتهرب من قبضة هذا الفطر المتوحش .

وترتبط قدرة النباتات على الإفلات من قبضة هذا الفطر بالظروف البيئية التى تحيط بها ؛ فعندما ترتفع رطوبة البيئة لا تستطيع النباتات التملص من قبضة الفروع اللاصقة للفطر ؛ بينما فى ظروف الجفاف - حيث لا يوجد سوى طبقة رقيقة من الماء حول جزيئات المادة العضوية وحبيبات التربة - فإن النباتات تستعمل ظاهرة التوتر السطحي كقوة إضافية لتحررها من المصيدة الفطرية .

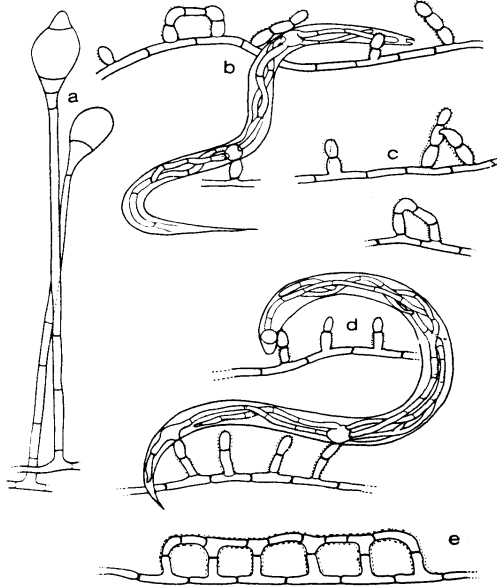
وعلى العكس من ذلك ، فكما زادت لزوجة الوسط تطلب الأمر مجهودا مضاعفا من النباتات لكي تتحرر من قبضة الفطر المتطفل .

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 حلقي hoop - like trap (شكل ٨ - ٦ - c) ، كما فى الفطر *D. cionopaga* . ويعتبر هذا التركيب الفطري بمثابة شبكة أولية primitive net . بينما تتكون هذه الحلقات فى فطريات أخرى بطريقة مبثثرة 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)



شکل (٨ - ٦) : الفروع اللاصقة Adhesive branches .

- a - c = الفطر *Dactylella cionopaga* .
- a = حوامل كونيدية ، يحمل كل منها كونيدية 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 ثنائي الأبعاد ، متكون عن طريق اتحاد عدة فروع لاصقة بعضها مع بعض .

ويلاحظ أن الفطرين السابقين *D. cionopaga* و *D. gephyropaga* يتكاثران لاجنسياً ، بتكوين كونيديّة وحيدة على قمة حوامل كونيديّة قائمة (شكل ٨ - ٦ - a) .
 وفي دراسة حديثة لأحد أنواع الجنس *Dactylella* (Liou et al., 1995) - وهو الفطر *D. formosana* - وُجد أن هذا الفطر يكون عقدا لاصقة adhesive knobs ، وليس فروعا لاصقة ، وهذا يوضح اختلاف التراكيب الفطرية الصائفة للنيماطودا داخل الجنس الفطري الواحد . وعلى سبيل المثال تكون الفطريات *D. multiformis* و *D. ramiformis* شباكاً لاصقة adhesive nets ، بينما يكون الفطر *D. leptospora* عقدا لاصقة وحلقات غير منقبضة .

٣ - الشبكا اللاصقة Adhesive nets :

تعتبر الشبكا اللاصقة أكثر التراكيب الفطرية المتخصصة في اصطياد النيماطودا الحرة المتجولة في التربة والمواد العضوية المتحللة شيوعاً ؛ حيث تتكون هذه التراكيب الفطرية على هيفات كثير من الفطريات الناقصة المتطفلة على النيماطودا ، وهذه أكثر الأنواع فتكا بالنيماطودا الحرة .

وتختلف هذه الشبكا اللاصقة في تركيبها ومدى تطورها ؛ فقد تتكون من حلقة فردية تشبه الأنشوطلة (شكل ٨ - ٨ - a) ؛ كما هي الحال في الفطر *Arthrobotrys musiformis* أو تكون معقدة التركيب ، عبارة عن شبكة ثلاثية الأبعاد معقدة التفرعات ؛ كما هي الحال في الفطر *A. oligospora* (شكل ٨ - ٩) .

وتظهر هذه الشبكا اللاصقة - عادة - فوق سطح البيئة التي تنمو عليها هيفات الفطر المتطفل - شأنها في ذلك شأن الفروع اللاصقة - حيث يفرز الفطر مواد لاصقة على السطح الداخلى لهذه الشبكا ، تلتصق بجلد النيماطودا بقوة .

ويعتبر الفطر *Arthrobotrys oligospora* من أكثر الفطريات المتطفلة على النيماطودا الحرة شيوعاً في التربة وعلى المواد العضوية المتحللة . ويكون هذا الفطر شبكاه اللاصقة عن طريق تكوين فرع جانبي 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 - في النهاية - شبكة معقدة التركيب ثلاثية الأبعاد .

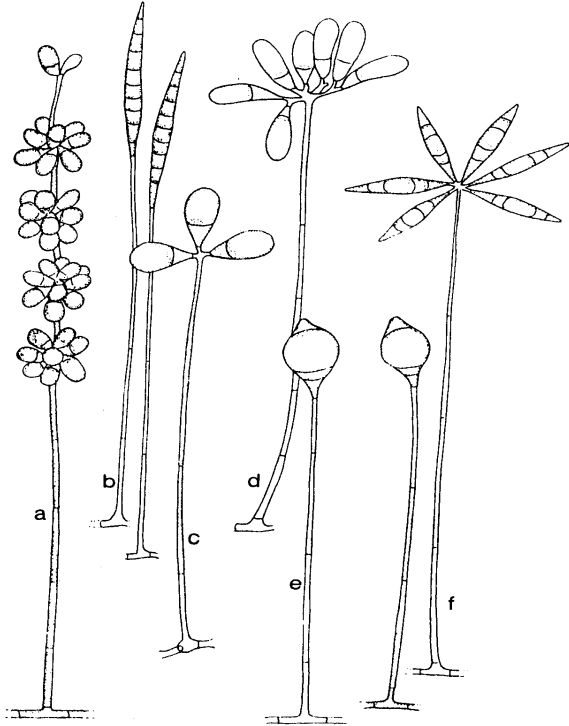
وتتميز هذه الشبكات اللاصقة بقدرتها الفائقة على الالتصاق بجليد النيMATودا التي تمر ملامسة لها ، وخاصة النيMATودا الصغيرة الحجم . وعند فحص هذه الشبكات اللاصقة بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM ، وجدت مواد لاصقة تغطي سطح هذه التراكيب الفطرية (Nordbring-Hertz, 1972) .

وتتميز هيفات الفطر *A. oligospora* بنمواتها المبعثرة على سطح بيئة الأجار المائي في وجود النيMATودا الحرة ؛ حيث تصنع هذه الهيفات خطوطاً طولية تقطع طريق النيMATودا الحرة أثناء تجولها على سطح بيئة الأجار بحثاً عن غذائها . وتتكون على هذه الهيفات الفطرية شبكات لاصقة تتوزع على طول هذه الهيفات ؛ مكونة نظاماً فنياً لا تنجو منه أية نيMATودا شاردة أو واردة .

ولا يسبب تلامس جسم النيMATودا بمصائد الفطر الشبكية التصاقاً فورياً بجليدها ؛ فقد تسبح النيMATودا في حقل من الشبكات الفطرية ، مارّة من خلال عديد من هذه الشبكات الفائلة ، دون أن ينالها مكروه . ويبدو أن الأمر يحتاج إلى تلامس لفترة قصيرة ، وربما عدة تلامسات ؛ حتى يتنبه الفطر لوجود هذه النيMATودا ، ثم تبدأ شبكاته في القبض على هذه الفريسة الغافلة ، التي ربما وقفت لبرهة تتغذى على بعض المستعمرات البكتيرية التي في طريقها ؛ فأصبحت - هي نفسها - غذاء للفطر المتطفل .

وتلتصق هذه الشبكات الفطرية بجليد فرائسها النيMATودية بقوة ؛ فإذا شعرت النيMATودا بما يعوق حركتها ، حاولت - قدر استطاعتها - التخلص من التصاق الشبكات الفطرية بجسمها محاولة الهرب ؛ فيؤدي ذلك إلى تلامسها مع عديد من هذه الشبكات اللاصقة على طول جسمها ؛ حيث تلتصق بها أيضاً ؛ فيزيد ذلك من إحكام قبضة الفطر المتطفل على فريسته ، التي تفقد آخر أمل لها في النجاة بحياتها . كما تؤدي المحاولات المستمرة للنيMATودا - التي تم أسرها - للهروب ، إلى استنفاد طاقتها الحيوية ، ثم تسكن - بعد ذلك - وتستسلم لقصاتها .

ولا تعتبر هيفات الفطر النامية على طول المستعمرة ، ولا شبكاته اللاصقة تراكيب ثابتة ، بل إنها تتحرك تجاه الإفرازات التي تنتج عن النيMATودا الحرة التي تتجول حولها . وتلعب هذه الحركة البطيئة للهيفات والشبكات اللاصقة دوراً كبيراً في القبض على النيMATودا ؛ حيث تحيط بها هذه التراكيب الفطرية من كل جانب وتجعل هروبها أكثر صعوبة .



شكل (٧ - ٨) : الحوامل الكونيدية وكونيديا بعض الفطريات الناقصة المتطفلة خارجيا على
الزيماتودا الحرة .

. *Dactylella* - الجنس = b,e

. *Arthrobotrys* - الجنس = a,c,d

. *Dactylaria* - الجنس = f

وبالنسبة إلى الفروع اللاصقة sticky branches ، فإنها تقبض على النيماطودا الصغيرة التي تلتصق بها بسهولة ، بينما قد تهرب من قبضتها النيماطودا الكبيرة عن طريق حركة عضلاتها القوية . إلا أن الفطر المتطفل لم يفتنه ذلك ، ولم يترك الأمر للصدفة ؛ فهو يقبض على هذه النيماطودا الكبيرة ؛ عن طريق شبابه اللاصقة ذات الفعالية الكبيرة في القبض على هذه الفرائس الضخمة وشل حركتها .

ويتم التصاق هيفات الفطر بجليد النيماطودا في عدة مواضع ، وعندما تتنبه الفريسة إلى وضعها الحرج ، فإنها تعمل على زيادة حركاتها العضلية في محاولة للتخلص من قبضة هيفات الفطر ، إلا أن ذلك يؤدي إلى زيادة النفاذ هيفات الفطر على طول جسمها ، ثم تتدهور حالة الفريسة ، وتصبح عديمة الحيلة ، وعلى ذلك فإن الفطر المتطفل يستعمل نفس الوسائل في القبض على فرائسه الكبيرة والصغيرة على حد سواء .

ويغزو جسم الضحية عددا من هيفات الفطر ؛ وذلك بعد ساعات قليلة من اصطياها . وتظهر هيفات العدوى (infection pegs) من شبكة الهيفات الفطرية التي تحيط بالفريسة ؛ حيث يظهر تركيب منتفخ بعد اختراق جليد النيماطودا مباشرة يطلق عليه اسم " مئانة العدوى infection bulb " يملأ فراغ جسم النيماطودا أسفل منطقة العدوى مباشرة .

ومن هذه المئانة ، تنمو هيفات فطرية غير مقسمة وغير متفرعة ، تنتشر على طول جسم النيماطودا المصابة ؛ حيث تموت الفريسة مباشرة عند هذه المرحلة . ويمكن القول إن مئانة العدوى تقسم الأحشاء الداخلية لجسم النيماطودا إلى قسمين ؛ فإذا تعددت مناطق العدوى على طول جسم النيماطودا ، مزقت مئانات العدوى المتكونة الأحشاء الداخلية للنيماطودا إربا ، بينما يظل الجليد الخارجي دون تحلل ظاهري .

ولقد أثبت (Shepherd 1955) أن الفطر المتطفل يفرز مادة سامة (توكسين toxin) داخل جسم النيماطودا من خلال مئانة العدوى ؛ حيث يعمل ذلك التوكسين على التعجيل بموت الفريسة . ولقد لاحظ هذا الباحث أن النيماطودا التي يقوم الفطر المتطفل بأسرها وإصابتها ، يثبط نشاطها ، وتقل حركتها بعد اختراق وتد العدوى infection peg لجليدها ؛ حيث تفقد الضحية حيويتها في أقل من ساعة بعد وقوعها في الأسر .

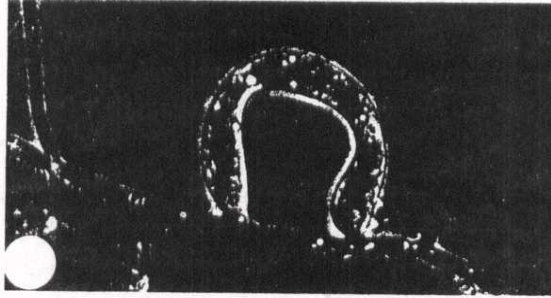
وهناك عديد من هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا التي تعتمد على إفرازها للمواد السامة (التوكسينات) ، وهي كلها تعتمد على الدراسات التي أجراها الباحثان (Olthof & Estey (1963) ؛ حيث أوضحت نتائجهما أن مترشح النيماتودا المصابة بالفطر *Arthrobotrys oligospora* يحتوي على مادة مثبطة لنشاط النيماتودا nematode-inactivating substance . وفي دراسة أخرى ، يعتقد الباحثان (1972) Balan & Gerber أن الفطر ينتج أمونيا تعمل على سرعة موت النيماتودا التي تخترقها هيفاته .

ومن مثانة العدوى infection bulb تنمو هيفات الفطر بطول جسم الضحية ، مخترقة أحشائها الداخلية ومحللة أنسجتها . ولا يتبقى من الفريسة سوى جليدها الخارجي الذي يقاوم التحلل . وبعد انتهاء مراحل العدوى ، يتراجع بروتوبلازم هيفات الفطر المنتشرة داخل جسم النيماتودا المتحلل ، وتصبح الهيفات الداخلية خالية من محتوياتها التي 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 .

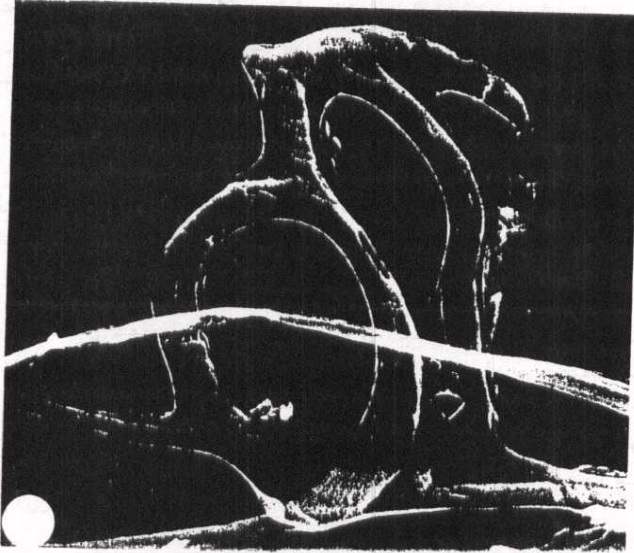
ويكون الفطر جراثيم ساكنة ، تعرف بـ " الجراثيم الكلاميدية chlamyospores " ؛ تتكون على طول هيفات الفطر المنتشرة خارج جسم النيماتودا ، بينما تظهر على هيفات الفطر حوامل كونيديّة تحمل كونيديات .

وتتكون الحوامل الكونيديّة في الجنس *Arthrobotrys* في زاوية متعامدة على البيبة التي تنمو عليها هيفاته ، ويحمل الحامل الكونيدي كونيديّة واحدة كبيرة الحجم من خليتين على قمته . وفي بعض الأنواع التابعة لهذا الجنس يحمل الحامل مجموعة من الكونيديات في شكل عنقودي . فعلى سبيل المثال ، يحمل الحامل الكونيدي في الفطر *A. anchonia* عنقودا واحدا من الكونيديات ، بينما يحمل الحامل الكونيدي في الفطر *A. oligospora* عديدا من العناقيد الكونيديّة (شكل ٨ - ٧) .

وتختلف الكونيديات المتكوّنة على حوامل الفطريات التابعة للجنس *Arthrobotrys* في حجمها وعددها ؛ ففي الفطر *A. anchonia* يحمل الحامل الكونيدي كونيديّة واحدة أو عددا قليلا من الكونيديات ، بينما يحمل الحامل الكونيدي في الفطر *A. conoides* أكثر من ٣٠ كونيديّة في كل عنقود .



شكل (٨ - ٨) : الشبكات اللاصقة Adhesive nets .
شبكة حلقيّة الشكل - hoop - like net للفطر *Arthrotrrys musiformis* .



شكل (٩ - ٨) : صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM للشبكة اللاصقة في الفطر *A. olgospora* ؛ حيث تظهر المادة اللاصقة تغطّي سطح الشبكة .

ولقد جذبت المادة اللاصقة - التي تفرزها شبك هذه الفطريات المتطفلة - اهتمام عديد من الباحثين ؛ حيث وجد أنه عند إضافة بعض المياه إلى سطح أملس - تمثل طبقة الماء الرقيقة التي تغطي السطح الخارجي لهيئات الفطر - فإن النيوماتودا تظل مسبوكة بقوة . وهذا يفسر كيفية عمل المواد اللاصقة التي يفرزها الفطر في القبض على ضحاياه من النيوماتودا ذات الجليد الرطب .

وفي بعض الأحيان ، يتم اصطياد النيوماتودا في إحدى عيون الشبك الهيفية للفطر المتطفل ، وعلى الرغم من أن مساحة تلامس هيف الفطر مع جليد النيوماتودا محدود للغاية ، إلا أن الفطر يقبض على الفريسة بقوة ؛ بحيث لا تستطيع الهروب من قبضته .

وفي دراسات أخرى ، وجد أن شبك الفطر اللاصقة تتخصص في اصطياد فرائسها من النيوماتودا الحرة دون غيرها من أحياء التربة الحيوانية الدقيقة الأخرى مثل الأميبا أو البرتوزوا ، كما لا يتدق بهذه المصائد الفطرية أية كائنات دقيقة أخرى . وربما يدعو ذلك إلى الاعتقاد بوجود تخصص لهذه أعضاء الفطرية في اصطياد النيوماتودا ، ولكن كيف تميز هذه المصائد الفطرية بين فرائسها ؟ ما زال هذا السؤال دون إجابة واضحة حتى الآن .

ولقد سجل (Muller (1958) مشاهدات قيمة بالنسبة إلى الشبك اللاصقة التي يكونها الفطر المتطفل *Arthrobotrys oligospora* ؛ فعادة ما تشاهد النيوماتودا تتحرك داخل حلقة هيفية ، ثم تسحب نفسها فجأة من داخلها ؛ متحركة إلى الخلف ، وتعود أدرجها . وبعد ذلك بثانية أو ثانيتين ، تستكمل النيوماتودا حركتها إلى الأمام مرة أخرى وفي نفس الاتجاه .

وعندما تلمس النيوماتودا الحلقة الهيفية مرة أخرى ، فإنها تمر بجسمها خلال الحلقة لمسافة قصيرة ، ثم تعود أدرجها مرة أخرى ، ثم تعاود المحاولة للمرور بجسمها من خلال الحلقة الهيفية دون أن تلمسها . وهكذا تتعدد محاولات النيوماتودا للمرور بجسمها من خلال الحلقة الهيفية ، دون أن تلمس جدارها الداخلي ، وقد تنجح النيوماتودا - بعد عدة محاولات - من المرور خلال الحلقة الهيفية بسرعة وسلام ؛ هاربة من شبك الفطر اللاصقة المميتة .

ولقد فسّر Muller تردد النيوماتودا في المرور خلال شبك الفطر اللاصقة بأن النيوماتودا قد تستطيع الإحساس بوجود خطر ما يهدد حياتها . كما سجل Drechsler

(1934) مثل هذه المشاهدات أيضا ؛ حيث لاحظ أن النيوماتودا تتحرك بحرية على سطح الاجار الذي تنمو عليه هيفات لفطريات غير متطفلة عليها . ولكن عندما تنمو على سطح الاجار هيفات لفطريات متطفلة تحمل تراكيب للشباك اللاصقة ، فإن النيوماتودا تقف عن الحركة إذا لامست حلقة الشبكة ، وتعود النيوماتودا إلى الخلف مبتعدة عن مصدر الخطر . ولقد شبه " Drechsler " هذا السلوك المفاجئ للنيوماتودا وابتعادها عن شبك الفطر اللاصقة بنفس السلوك الذي يديه شخص ما إذا لامست يده سطحا ساخنا .

وعندما تتعرض مثل هذه النيوماتودا - النامية على سطح الاجار - للهلاك بفعل أحد الفطريات المتطفلة المكونة للشباك اللاصقة ، فإن أعداد هذه النيوماتودا تقل إلى درجة كبيرة ؛ حتى تكاد جميع النيوماتودا أن تباد ، إلا أنه بعد فترة يعود عددها إلى الارتفاع مرة أخرى تدريجياً . ويبدو أن الأفراد التي استطاعت البقاء على قيد الحياة - برغم وجود شبك الفطر القاتلة - كانت أكثر قدرة على الحركة السريعة ، كما أن شبك الفطر قد تكون أصبحت غير فعالة في القبض على فرائسها من النيوماتودا ، مع تقدم هيفات الفطر المتطفل في العمر ، وهذا ما يحدث - عادة - في الطبيعة .

ويستهلك الفطر غذاءه في تكوين الكونيديات ، التي 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 التي تنمو على سطح البيئة ؛ وهذا يعمل على حفظ توازن نمو الفطر المتطفل على النيوماتودا ؛ حيث إن هذه الكونيديات سرعان ما تتحلل وتموت خلال أيام قليلة .

٤ - العقد اللاصقة Adhesive knobs :

أ - العقد اللاصقة في الفطريات الناقصة :

يتكون هذا النموذج من التراكيب الفطرية الصائدة للنيوماتودا من خلية واحدة لاصقة . وقد تكون هذه الخلية اللاصقة جالسة مباشرة على هيف الفطر ، ولكن مثل هذه الخلايا اللاصقة عادة ما تحمل على فرع قصير عمودي (شكل ٨ - ١٠ - d) .

وتعتبر هذه الطريقة في اصطياد النيوماتودا من الطرق الشائعة في الفطريات الناقصة Deuteromycetes ، وخاصة في الأنواع التابعة للجنس *Dactyella* وللجنس

Dactylaria . كما تشاهد هذه العقد اللاصقة في بعض الفطريات البازيدية ؛ مثل الأنواع التابعة للجنس *Nematoctonus* .

ومن أكثر نماذج العقد اللاصقة شيوعاً في الفطريات الناقصة ، تلك التي تحملها هيفات الفطر المتطفل *Dactylaria ca n lida* . ويكوّن هذا الفطر خلية لاصقة كروية الشكل إلى تحت كروية ، تُحمَلُ على قمة ساق قصيرة أسطوانية الشكل غير لاصقة ، تتكون - عادةً - من ١ - ٣ خلايا .

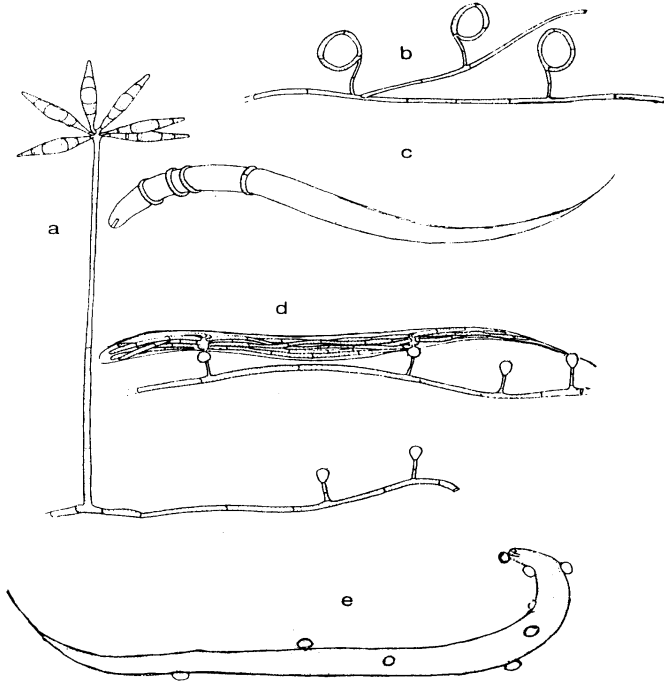
ويتكون على سطح العقدة اللاصقة طبقة رقيقة من مادة لاصقة قوية ، تلتصق بجليد النيوماتودا الحرة بمجرد أن تتلامس معها ، فإذا تحركت النيوماتودا محاولة الهروب ، التصق بها مزيد من العقد اللاصقة الأخرى . ويلى ذلك اختراق هيفات الفطر لجليد الفريسة ؛ حيث تنمو هذه الهيفات داخل أحشاء النيوماتودا ؛ محللة أنسجتها الداخلية .

وتتكون على هيفات بعض الفطريات المتطفلة على النيوماتودا أنواع مختلفة من التراكيب الفطرية الصائدة للنيوماتودا . ففي الفطر *Dactylaria candida* تتكون عقد لاصقة وحلقات غير منقبضة *non-constricting rings* ؛ وذلك بغرض زيادة كفاءة الفطر في القبض على فرائسه من النيوماتودا الحرة السبّنة الحظ المتجولة حول هيفاته .

ولقد سجل (1937) Drechsler أن العقد المعنقة *stalked knobs* في الفطر *D. candida* نادرة الوجود ، وهي تستخدم في اصطيد النيوماتودا الصغيرة الحجم الضعيفة البنية .

وتعتمد الحلقات غير المنقبضة في اصطيد النيوماتودا الكبيرة الحجم على زيادة قطر هذه النيوماتودا عن القطر الداخلى للحلقة الفطرية ؛ فإذا مرت النيوماتودا بطرفها الأمامى المستدق فإنها تستمر في المرور حتى ينحشر جسمها في الحلقة ، وعندما تنتبه هي إلى ذلك ، يكون الوقت قد تأخر كثيراً .

وتحاول النيوماتودا الخلاص من هذه المصيدة الفطرية ؛ فتحرك جسمها حركات انقباضية وانبساطية معتمدة على قوة عضلاتها ، وقد تنجح في فصل الحلقة عن الهيفات الفطرية المتصلة بها ، وتنتقل النيوماتودا هاربة وحول جسمها حلقة الفطر ، دون أن تظن إلى أنها تحمل حول جسمها سواراً مميتاً وأن نهايتها قد أوشكت .



شكل (٨ - ١٠) : الفطر المتطفل *Daetylaria candida* ، يكون نوعين من المصائد النيماتودية ، وعقدًا لاصقة (d) وحلقات غير منقبضة (b) . ويلاحظ أن كلاً من الحلقات (c) والعقد (c) قابلة للزرع من هيفات الفطر ، بينما يحمل الحامل الكونيدى (a) عنقوداً من الكونيديات تحمل طرفيًا على قمة الحامل ، والكونيديات مقسمة بعدة جدر عرضية .

وعلى أية حال ، فإن الفطريات التي تكون عقدا لاصقة وحلقات غير منقبضة ، تكون العقد اللاصقة أعضاء قنص ثانوية ، وغالبا ما تكون غير فعالة فى اصطلياد النيमतودا الكبيرة ، التي تقع فريسة سهلة داخل الحلقات غير المنقبضة . وهكذا تتعدد وسائل القنص والفطر واحد .

ولقد لوحظ - فى حالات كثيرة - أن النيमतودا الكبيرة التي 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 النيमतودا الهاربة ، التي سرعان ما تبعد عن هيفات الفطر المتطفل بما تحمله على جسمها من آثار المعركة .

ولا يعتبر هروب النيमतودا بما تحمله من عقد لاصقة على جليدها نهاية الأحداث، بل هى - فى الحقيقة - بدايتها . فقد يعلق بجسم النيमतودا أكثر من ٢٠ عقدة لاصقة؛ حيث تبدأ كل عقدة فى تكوين وتد عدوي infection peg ينمو مخترقا جليد النيमतودا. ويكون الفطر هيفات تحت جليدية يتكون منها هيفات عدوي 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 لا يكون أية حلقات ، ولكنه يعتمد كلية على العقد اللاصقة فى اصطلياد ضحاياه من النيमतودا الحرة المتجولة حوله فى التربة ، وعلى المواد العضوية المتحللة .

ولا تنفصل العقد اللاصقة فى هذا الفطر عن حواملها القصيرة؛ مما يجعل الفرائس النيमतودية التي تلتصق بها هذه العقد مرتبطة - بقوة - بهيفات الفطر ، وتفشل فى الهرب . وقد تشاهد مثل هذه الضحايا من النيमतودا التي تم اصطليادها بهذا الفطر وهى تحمل على جسمها عقدا لاصقة منفصلة لفطريات أخرى ؛ مما يدل على سابق تعرض هذه النيमतودا للعدوى بفطريات متطفلة وهروبها .

ويمكن للنيमतودا 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 التي تنمو داخل أحشائها الداخلية مدمرة أنسجتها ؛ يؤدى تجول النيमतودا الهاربة - بما تحمله من عقد لاصقة - إلى نشر الفطر

الممرض إلى مناطق أخرى بعيدة ، قد تكون أكثر ملاءمة لنموه، وأكثر وفرة في أعداد النيماتودا التي يفترسها الفطر المتطفل الذي يسعى للبحث عن مزيد من الضحايا .

ومما يميز الفطريات المتطفلة على النيماتودا التابعة لطائفة الفطريات الناقصة، أنه - بعد اختراق الجليد بواسطة وتد العدوى - تتكون مئانة عدوى infection bulb تملا الفراغ الداخلى لجسم العائل النيماتودى . إلا أنه من الصعوبة بمكان العثور على هذا التركيب الفطرى داخل جسم النيماتودا المصابة ، بعكس الحال فى حالة العقد اللاصقة ؛ حيث يمكن مشاهدة مئانة العدوى فى جسم النيماتودا المصابة فى الجهة المقابلة للعقدة اللاصقة . ومن هذه المئانة تنمو هيفات الفطر المتطفل بطول جسم النيماتودا المصابة محللة أحشاءها .

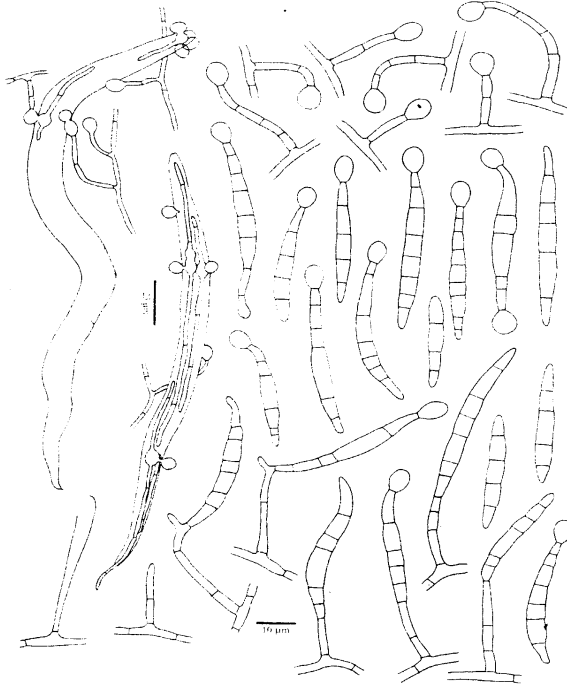
ومن الأبحاث الحديثة التي تعرضت لهذه الفطريات المتطفلة المكونة للعقد اللاصقة ، ما نشره (Liou et al (1995) عن الفطر *Dactylella formosana* الذى يكون عقدا لاصقة تتكون على أعناق جانبية تنفرع من هيفات الفطر ، كما يكون هذا الفطر عقدا لاصقة على كونيدياته (شكل ٨ - ١١) .

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 .



شغل (٨ - ١١) : الحوامل الكونيدية والكونيديات والتراكيب التي تصطاد النيماتودا للفطر *Dactylella formosana* . لاحظ العقد اللاصقة التي تتكون على ساق قصير أو تلك المتكونة على الطرف الحر للكونيديات المحمولة على حوامل ، أو على طرفي 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 انابيب إنبات جرثيم الفطر التى تهاجم جليد النيमतودا وتلتصق بها ؛ مثال ذلك الفطر *N. leiosporus* (شكل ٨ - ١٢ - b) .

ويختلف شكل التراكيب الفطرية اللاصقة التى تكونها الأنواع التابعة للجنس *Nematocotomus* ؛ 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 *Nematocotomus* - فى طريقة إصابتها لفرانسها من النيमतودا الحرة المتجولة فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة - مع طريقة إصابة الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Dactylaria* ، فيما عدا أن العقد اللاصقة تكون - عادة - قوية التثبيت 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 *Nematocotomus* ؛ وذلك نتيجة التفاف الفريسة حول نفسها ؛ مما يعمل على تمزق الهيفا الحاملة للعقدة اللاصقة .

ومن ناحية أخرى تختلف الأنواع المتطفلة خارجيا على النيमतودا والتابعة للجنس *Nematocotomus* 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 *Nematocotomus* تكون ذات طبيعة غروية ، وتعمل على لصق العقد اللاصقة بجليد النيमतودا بدرجة قوية تعرقل حركة الفريسة وتعوقها عن الفرار .

وقد تؤدي شدة التصاق العقد اللاصقة بجليد النيमतودا إلى نجاحها فى الهروب من جليدها الملتصق بهيفات الفطر ؛ لذلك نشاهد - فى كثير من الأحيان - جليد انسلاخ النيमतودا مغطى بعدد من العقد اللاصقة .

وتتكون العقد اللاصقة - عادة - فى الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Nematocotomus* 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 النيوماتودا ، ثم تخترق الجليد عن طريق وتد العدوى ؛ حيث تنمو هيفات الفطر على طول جسم الفريسة مختزقة 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 .

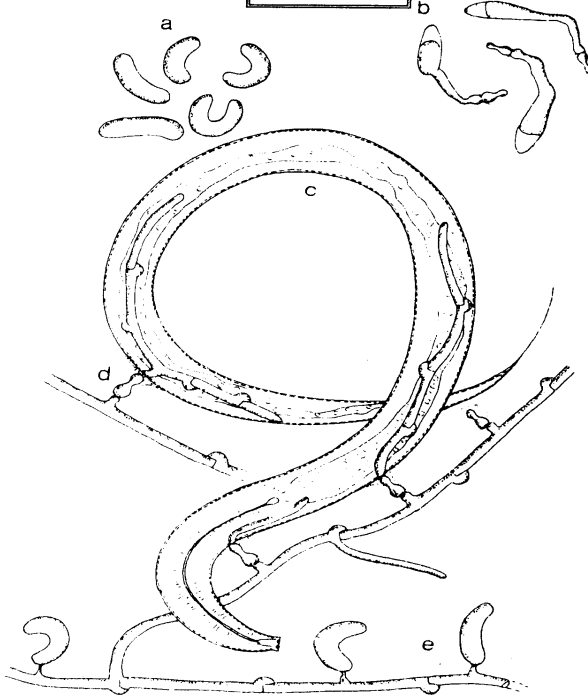
وتكون الفطريات التابعة للجنس *Nematocotomus* كونيديات فردية محمولة على نثوءات قصيرة تظهر على طول هيفات الفطر النامية على البيئة . وتأخذ هذه الكونيديات شكل السجق sousage - shaped (شكل ٨ - ١٢ - e) . ويتكون على كل كونيدة عقدة لاصقة على طرفها ، تلتصق بالنيوماتودا الحرة التي تتلامس معها وتصيبها .

وبالإضافة إلى الكونيديات ، يكون الفطر جرثايم ساكنة بيضية الشكل تتكون بنفس طريقة تكوين الكونيديات ، إلا أنها سميكة الجدار وذات سطح شوكي . وتعتبر هذه الجرثايم أطوارا ساكنة تساعد على بقاء الفطر حيا خلال الظروف غير المناسبة .

ولما كانت الأنواع التابعة للجنس *Nematocotomus* لا تكون أطوارا جنسية (جرثايم 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 الجرثايم البازيدية . وعلى الرغم من ذلك تتكون هذه الجرثايم وتتضج ، ثم تنطلق وتسقط على سطح الثمرة . وتنبت الجرثايم البازيدية ، فإذا وجدت نيوماتودا حولها ، تكونت عليها خلايا لاصقة تهاجم النيوماتودا وتتطفل عليها .



شكل (٨ - ١٢) : العقد اللاصقة Adhesive knobs في الجنس *Nematocotonus*

- a - كونيديات .
- b - كونيديات نابئة تحمل عقدا لاصقة على طرف أنبوب الإنبات .
- c - نيماتودا واقعة في 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 الثمري للفطر البازيدي *Hohenbuehelia* حوالى سنتيمترين ؛ وذلك عند نموه على بيئة الاجار ، 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 كمية وافرة من الغذاء .

ولقد وجد أن الأنواع التابعة للطور الناقص لهذا الفطر - والتي تتبع الجنس *Nematocotomus* - تستطيع اصطياد أعداد كبيرة من النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة عن طريق مصائدتها 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 حال - يمكن اعتبار النيماتودا أحد مصادر تغذية الفطر ، وخاصة المصدر النتروجينى ، بينما يعتمد الفطر على تحليل المواد العضوية الأخرى المتوفرة فى التربة - كالسيليلوز ، واللجنين - كمصدر أساسى للطاقة .

وفى الأونة الأخيرة ، تم اكتشاف أنواع عديدة من الطور البازيدي *Hohenbuehelia* فى التربة ، وعلى الأخشاب المتعفنة ، والمخلفات العضوية المتحللة، وغير ذلك . ولقد لوحظ أن مثل هذه المواد تكون غنية فى نشاطها الميكروبي ، حيث يكون النتروجين عاملاً محددًا 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 إنزيمياً ، وامتصاص محتوياتها كمصدر نتروجينى ، هى العامل المحدد للاستفادة من المصادر الكربونية الموجودة فى التربة كالسيليلوز و / أو اللجنين ، خاصة فى الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Nematocotomus* .

وعلى الرغم من ذلك ، فإننا يجب ألا نغفل أن هناك عدداً من الفطريات الأخرى المتطفلة على النيماتودا الرمحية ، والتي تتطفل بدورها على فطريات التربة ؛ ومن المحتمل أن تكون العقد اللاصقة التى يكونها الفطر البازيدي *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 المقسما في بعض الفطريات الناقصة المتطفلة خارجيًا على النيमतودا الحرة . وتتكون الفروع الجانبية في أول الأمر من نموات أسطوانية ، تنمو بعد ذلك منحنية حول نفسها في مسار دائري 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 نمور الحلقة .

وتعتبر الحلقات غير المنقبضة سلبية في أداها ؛ فهي تراكيب فطرية ثابتة يمكن للنيमतودا الحرة المتجولة أن تدخل بجسمها جزئيًا خلالها ، ثم تنسحب منها مرة أخرى دون أن تصاب بأذى ، بل تستطيع النيमतودا الصغيرة الحجم المرور بجسمها عبر الحلقة بسلام .

وعلى الرغم من ذلك ، فإن بعض النيमतودا تدخل بجسمها من خلال حلقة الفطر . فإذا رغبت الانسحاب منها بسرعة ، انفتحت الحلقة حول جسمها ؛ مما يصعب خروج النيमतودا من الحلقة . وقد تعمل الحركات العضلية الانفعالية للنيमतودا في محاولاتها المستميتة للخروج من حلقة الفطر إلى زيادة صعوبة الموقف ، وإلى تثبيت إحكام الحلقة حول جسم الفريسة . وقد تؤدي محاولات النيमतودا للتخلص من الحلقة إلى انفصال الحلقة عن حاملها عند المنطقة الضعيفة التي سبقت الإشارة إليها .

وفي مثل الحالات السابقة ، تهرب النيमतودا حاملة حلقة الفطر حول جسمها ؛ حيث تبدو تحت المجهر مثل من يحمل حول جسمه طوقاً للنجاة ، ولكنه - في الواقع - طوق للهلاك ، إلا أن النيमतودا الغافلة لا تدرك ذلك .

وتستمر النيमतودا في حياتها الطبيعية لفترة ، حاملة حلقة الفطر حول جسمها . ولا يؤدي وجود هذه الحلقة إلى أية إعاقة لحركتها ، بل قد تحمل بعض النيमतودا عدة حلقات حول جسمها ؛ دليلاً على تعرضها لمثل هذه المواقف الصعبة السابقة ، مع نجاحها في الهروب المؤقت .

وتعتبر حلقات الفطر أعضاء عدوى ، يظهر منها وتد هيفي دقيق يخترق جليد النيमतودا . وتهاجم هيفات الفطر المتكونة الأحشاء الداخلية للنيमतودا ، وتحلل أنسجتها، وتتغذى عليها . كما تؤدي حركة النيमतودا - حاملة معها حلقات الفطر - إلى انتشار الفطر المتطفل إلى أماكن أخرى ، سعياً وراء ضحايا جدد من النيमतودا الحرة .

ومن الفطريات المكونة للحلقات غير المنقبضة الفطر *Dactylaria candida* و *D. lysipaga* ؛ حيث تكون هذه الفطريات - أيضاً - عقداً لاصقة على هيفاتها. وقد تتشاهد العقد اللاصقة متبادلة في وجودها مع الحلقات غير المنقبضة على نفس هيفات الفطر ، مما يزيد من قدرته على اصطياد النيमतودا .

ويعتبر الفطر *Dactylaria candida* من أكثر الفطريات الشائعة في تكوين مثل هذه الحلقات غير المنقبضة والعقد اللاصقة ؛ حيث يكون هذا الفطر - وغيره من الفطريات الأخرى المكونة لمصائد مشابهة - جراثيم كونيدية محمولة على حوامل كونيدية طويلة . ويحمل الحامل الكونيدى في الفطر *Dactylaria candida* كونيديات ذات شكل مغزليّ متجمعة في شكل عنقودى على قمة الحامل (شكل ٨ - ٧ - ٤) .

وتتبت كونيديات هذا الفطر - عادةً - في وجود النيमतودا ، مكونة عقدة لاصقة في قمتها ، أو في قمة وقاعدة الكونيدة (شكل ٨ - ١١) ؛ كما هي الحال في الفطر *Dactylella formosana* (Liou et al , 1995) . وقد تتكون هذه العقد اللاصقة على الكونيديات خلال وجودها على حواملها ، كما هي الحال في الفطر *D. haptospora* .

وتعمل هذه العقد اللاصقة - المتكونة على كونيديات الفطريات السابقة - على تعلقها بالنيमतودا الحرة المتجولة عندما يتلامس جسمها مع هذه الكونيديات . وتحمل النيमतودا هذه التراكيب الفطرية الممرضة ملتصقة بجليدها ، متحركة بها إلى مناطق أخرى جديدة قبل أن تصاب بالفطر الممرض . ويعتبر ذلك إحدى الوسائل التي يعتمد عليها الفطر المتطفل في الانتشار .

٦ - الحلقات المنقبضة Constricting rings

تختلف الحلقات المنقبضة عن تلك غير المنقبضة في آلية الاقتران ؛ فعندما تدخل النيमतودا بجسمها داخل الحلقة المنقبضة الثلاثية الخلايا ، فإن هذه الخلايا تتمدد بسرعة

عند جدرها الداخلية ؛ مما يقلل من المساحة الداخلية للحلقة ، فتقبض الحلقة حول جسم الفريسة بسرعة ، وتقبض عليها بقوة .

وتوجد هذه الحلقات المنقبضة في الفطريات الناقصة فقط ، شأنها في ذلك شأن الحلقات غير المنقبضة . ومن أهم الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة - التي تتميز بوجود هذه الحلقات المنقبضة - الفطر *Arthrotrichy anchonia* ، والفطر *Dactylaria brochopaga* .

وتتكون الحلقات المنقبضة بنفس طريقة تكوين الحلقات غير المنقبضة ، إلا أن الحامل يكون أقصر طولاً وأكثر قوة في الحلقات المنقبضة . ويبلغ قطر الفطر الخارجي للحلقة المنقبضة حوالي ٣٠ ميكرونا ، بينما القطر الداخلي حوالي ٢٠ ميكرونا .

وعندما تدخل واحدة من النيماتودا الحرة المتجولة بجسماً إلى داخل الحلقة ، تنتبه خلايا الحلقة ، وتنفخ الخلايا الثلاث المكونة لها بسرعة خاطفة وفي نفس الوقت ، قابضة على جسم الفريسة بصورة محكمة ؛ بحيث لا تعطى أية فرصة للهروب .

وتنفخ الخلايا المكونة للحلقة عند جدرها الداخلية المرنة ؛ حيث يقل قطر الداخل للحلقة ، بينما يظل قطر الخارجى للحلقة دون أى تغير يذكر . ويحتاج الفطر إلى فترة قصيرة للغاية من وقت تنبئه بوجود الفريسة داخل الحلقة حتى انتفاخ الخلايا . وتبلغ هذه الفترة الزمنية حوالي ٠,١ ثانية ، تصل خلالها خلايا الحلقة إلى أقصى انتفاخ لها .

وفي بعض التجارب المعملية ، أمكن حث الحلقات المنقبضة على الانقباض دون وجود فرائس نيماتودية ؛ حيث شوهدت خلايا الحلقة الثلاث منتفخة ؛ بحيث تقابلت جدرها الداخلية في مركز الحلقة ، تاركة فتحة ضئيلة بينها شكل (٨ - ١٣) .

وقد تتمزق الحلقة المنقبضة نتيجة قوة ضغطها على جسم الفريسة ؛ مما يؤدي إلى هروبها وهي تحمل خلايا الحلقة الممزقة حول جسمها . وقد تعتقد النيماتودا الهاربة أنها قد نجت من قبضة هذا الفطر المفترس ، إلا أنها - في الحقيقة - مخطئة تماماً في ذلك ؛ حيث تحتفظ بعض خلايا الحلقة بحيويتها ، وتكون وتدا للعدوى يتكون من هيفات دقيقة تخترق جليد النيماتودا ، ثم تنمو هيفات الفطر داخل جسم النيماتودا محللة أحشاءها الداخلية .

وتسلك النيما تودا فى حركتها بحثا عن الغذاء أسلوبا متميزا ؛ فهى تتدفع بجسمها إلى الأمام مستعينة ببعضلات جسمها ، دافعة منطقة الرأس المستدقة إلى الأمام . ويمكن للنيما تودا التوقف المفاجئ والرجوع إلى الخلف ، وهذا السلوك يظهر واضحا عندما تقابل هذه النيما تودا حلقات الفطر المنقبضة خلال تجوالها .

وقد تتدفع النيما تودا فى حركتها للأمام بحيث تمر بجسمها من خلال الحلقة ؛ حتى يصل قطر جسمها إلى مفاص أكبر من القطر الداخلى للحلقة ؛ فيحتك جليدها بالسطح الداخلى لخلايا الحلقة ؛ هيتبته الفطر لوجود الفريسة ؛ حيث تنقبض خلايا الحلقة بسرعة خاطفة قابضة على فريستها . وليس من الضرورى أن يكون قطر جسم النيما تودا أكبر من القطر الداخلى للحلقة ، بل يكفى أن يتلامس الجدار الداخلى لإحدى خلايا الحلقة بجزء من جسم النيما تودا ؛ حتى تنتفخ جميع خلايا الحلقة على الفور ؛ وبذلك قد تشاهد مثل هذه الحلقات قابضة على أطراف جسم النيما تودا المستدقة عند منطقة الرأس أو الذيل .

ولا يؤدى تلامس الجدر الخارجية للحلقة بواسطة جسم النيما تودا إلى إحداث تنبيه للفطر لإغلاق الحلقة . كما تلعب بعض الظروف الخارجية دورا مؤثرا فى الزمن اللازم لانتفاخ خلايا الحلقة . ففي بعض الحالات يستلزم الأمر مرور وقت طويل نسبيا على احتكاك جسم النيما تودا بالجدار الداخلى لخلايا الحلقة و انتفاخ الخلايا ، قد يصل إلى ثانية واحدة أو ثانيتين ، وربما يكون ذلك الوقت كافيا للسماح لبعض النيما تودا بالانسحاب من الحلقة الفطرية قبل انتفاخ الخلايا وإغلاق الحلقة . ويتوقف مدى نجاح الفطر المتطفل فى اصطياد فرائسه من النيما تودا على سرعة استجابته ، وإغلاقه للمصيدة الفطرية قبل هروب الفريسة منها .

وعلى الرغم من الآلية المعقدة لانقباض حلقات الفطر الصائدة للنيما تودا ، فإن الصدفة قد تلعب دورا كبيرا فى اصطياد الفرائس . ففي الوقت الذى تتواجد فيه عديد من الحلقات المنقبضة على هيفات الفطر المتطفل ، وتوفر أعدادا كبيرة من النيما تودا الحرة التى تتجول حول هيفات الفطر وما تحمله من حلقات ، فإن نسبة ما يتم اصطياده من الفرائس يعتبر قليلا نسبيا .

ويلعب حجم النيما تودا دورا رئيسيا فى اصطيادها خلال الحلقات المنقبضة ؛ فعلى سبيل المثال تتجح النيما تودا الصغيرة - عادة - فى المرور خلال فتحة الحلقة ، دون

أن تتلامس مع الجدار الداخلى للخلايا ؛ وبذلك تكتب لها النجاة مؤقتا ؛ حتى يشتد عودها ، وتصبح فى المستقبل فرائس جيدة للفطر المتطفل .

أما النيما تودا الكبيرة الحجم ، فإنها تحتك - عادة - بجسمها السميك بالجدر الداخلية لحلقة الفطر المنقبضة خلال مرورها ؛ فيتنبه الفطر ويقبض على فريسته . ويتوقف مصير النيما تودا المتوسطة الحجم على مهارتها فى المرور خلال الحلقة دون أن يتلامس جسمها مع الجدر الداخلية للخلايا ، فإذا لامست أحد الجدر الداخلية انقبضت الحلقة على جسمها فجأة ، وتقع هذه النيما تودا ضحية قلة خبرتها ، حيث يكون خطوها الأول - فى هذه الحالة - هو الأخير .

٧ - آلية فعل الحلقة Ring mechanism :

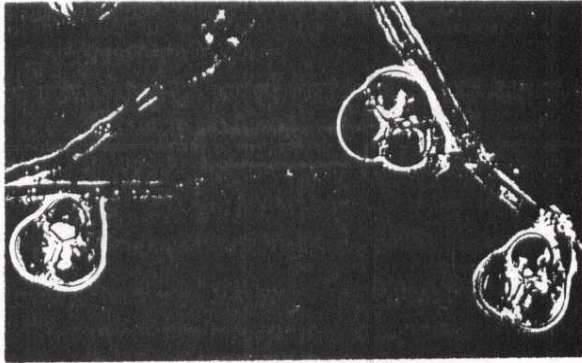
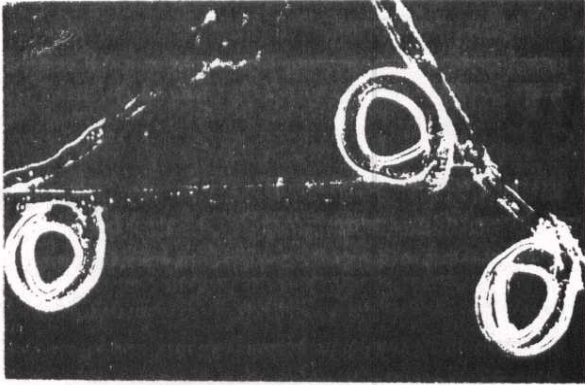
اهتم كثير من الباحثين بالية إغلاق الحلقات المنضغطة التى تكونها مجموعة كبيرة من الفطريات الناقصة المتطفلة خارجيًا على النيما تودا الحرة المتجولة فى التربة وعلى المواد العضوية المتحللة . وقد استطاع بعض الباحثين تنبيه الحلقات الفطرية صناعيًا حتى تنقبض ، سواء عن طريق تعريضها للمعاملة بالماء الساخن عند حرارة تتراوح بين ٣٣ و ٧٥°م (Couch, 1937) ، أو باستعمال الهواء الساخن أو الأجسام 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 .

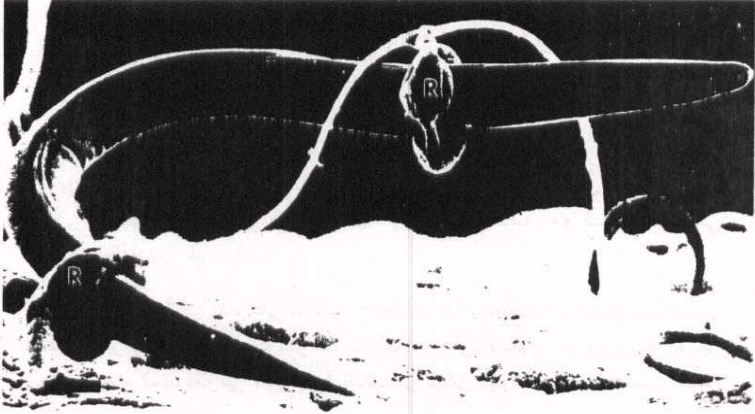
ولقد اختبر بعض الباحثين تنبيه إغلاق الحلقات عن طريق الحث الكيمايى ، ولكن هذه المحاولات لم يكتب لها النجاح . إلا أن هذه الأبحاث أوضحت إمكانية التحكم فى سرعة انتفاخ خلايا الحلقة و إغلاقها ؛ حيث استطاع (Muller) (1958) أن يجعل رد فعل إغلاق الحلقات المنقبضة أبطأ ١٠٠ مرة ؛ عن طريق غمر هيفات الفطر الحاملة للحلقات فى محلول سكرى ، ثم حث هذه الحلقات بالحرارة . وعند تخفيف المحلول السكرى بإضافة الماء ، انتفخت خلايا الحلقة تدريجيا ثم انقبضت .

وعند الفحص الميكروسكوبى لخلايا الحلقة خلال الانقباض ، لوحظ وجود فقاعات عديدة داخل كل خلية ، ازدادت مع الوقت ، ثم تكونت فقاعة واحدة كبيرة الحجم عملت

على زيادة حجم الخلايا إلى ثلاثة أضعاف حجمها الأصلي وإغلاق الحلقة . وعند قياس الضغط الأسموزى لخلايا الحلقة ، اتضح أنه لم يتغير في الخلايا المنتفخة عنه قبل انتفاخها .



شكل (٨ - ١٣) : الحلقات المنقبضة constricting rings . الصورة العليا : حلقات في حالتها العادية . الصورة السفلى : حلقات انتفخت خلاياها نتيجة المعاملة بالحرارة .



شكل (٨ - ١٤) : صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) توضح نيماتودا تم اصطيادها بواسطة حلقة منقيضة (R) مكونة على هيفا فطر متطفل .

وقد تفسر ظاهرة انتفاخ الخلايا وانقباض الحلقة بسبب إعادة توزيع الماء والمواد الغروية في خلايا الحلقة ، حيث وجد (1937) Couch أن الماء المضاف يتم تشربه في خلايا الحلقة بسرعة فائقة ؛ فمثلا يمكن لهذه الخلايا أن تمتص ١٨ ألف ميكرومتر من الماء خلال ٠,١ ثانية ؛ وقد يرجع ذلك إلى التغير في نفاذية الغشاء السيتوبلازمي لخلايا الحلقة .

وتبعاً للرأى السابق ، فإن حث الجدار الداخلي لخلايا الحلقة ، يتبعه نقص فوري لضغط الجدار الخلوي وزيادة سريعة في نفاذية الغشاء السيتوبلازمي في هذه المنطقة . ويعمل هذا التنبيه على زيادة المواد النشطة أسموزياً في الخلية ؛ نتيجة التحليل المائي للجزيئات الكبيرة التي تساعد على استمرار تدفق الماء إلى داخل الخلية ؛ حيث يزداد الضغط الأسموزي إلى حوالي 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 الإلكتروني الماسح SEM أن هناك خطأ واضحا يميز المنطقة الممتددة عن المنطقة غير الممتددة في الجدار الخلوي الداخلي .

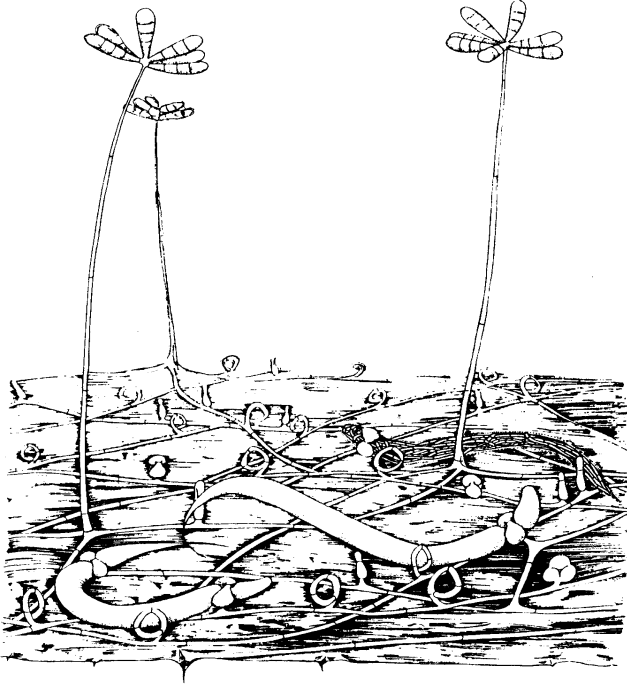
وهناك نظرية أخرى بديلة ؛ حيث يقترح (Muller 1958) أن الضغط الاسموزي بطى الفاعلية ؛ حيث إن الخلية لا تستطيع التمدد بالاعتماد على ضغطها الاسموزي ؛ الذى ينخفض من مستوى التعادل عند ٠,٦ مول سكروز إلى مستوى ٠,٢ مول بعد امتصاصها للماء . وتستعيد خلية الحلقة ضغطها الاسموزي الأولى بعد تمددها عن طريق التحلل المائى 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 تغيير غاذية 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 بفتحة 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 فسّر 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 بهيافا 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 يخلق الحلقة المنقبضة إغلاقا كاملا ؛ سواء عن طريق تغيير غاذية 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 الأنشطة الفطرية . وحيث إن النيوماتودا تتحرك في طبقة رقيقة من الماء ، فإن جسمها يكون - غالبا - رطبا . فإذا تحركت النيوماتودا إلى داخل الحلقة الفطرية، فإن طبقة الماء التي تغطي جسمها من الخارج سوف تتيح كمية كافية من الماء لخلايا الحلقة ؛ التي تمتصه بسرعة من خلال الجدر الداخلية للحلقة ؛ مما يجعل خلاياها تتمدد بسرعة ، وتضغط على جسم النيوماتودا بدرجة أسرع من حركة النيوماتودا للرجوع إلى الخلف هاربة من المصيدة الفطرية القاتلة .

خامسا : الفطريات داخلية التطفل :

يطلق على هذه المجموعة من الفطريات The endoparasitic destroying fungi أو المصطلح المختصر " endozoic " . وهي على العكس من المجموعة السابقة من الفطريات المتطفلة خارجيا ، والتي اتفق على تسميتها بـ " مجموعة الفطريات المفترسة predatory group " ؛ إذ إن الفطريات ذات التطفل الداخلي endoparasitic fungi ليس لها نموات هيفية خارج جسم عوائلها النيماودية ؛ حيث يمكن اعتبارها - من الناحية البيئية - متطفلات إجبارية .

وتنتج هذه الفطريات كونيديات تلصق بجليد العائل النيماودي ، وتنبث هذه الكونيديات بتكوين أنبوب إنبات بخرق الجليد في حالة الإصابة الخارجية ، أو جدار القناة الهضمية في حالة ابتلاع النيوماتودا لهذه الكونيديات ؛ حيث يلي ذلك تكوين هيفات تغذية تنمو خلال أنسجة النيوماتودا ، ثم تتكون - في النهاية - حوامل كونيديية خارج جسم العائل ؛ حاملة كونيديات الفطر الممرض .

وبعض الأجناس الفطرية تشمل أنواعا متطفلة داخليا على النيوماتودا ؛ مثال ذلك : *Harposporium* ، و *Verticillium* ، و *Nematoctonus* ، و *Drechmeria* .

وعلى الرغم من أن الفطريات الداخلية التطفل على النيوماتودا ليس لها أية نموات هيفية خارج جسم عوائلها ، إلا أنه - في بعض الحالات - يلاحظ تكوين هيفات مدادة prostrate hyphae محدودة النمو ؛ تظهر من جسم النيوماتودا المصابة ، وتتدلى على سطح الأجار (شكل ٨ - ٢٢) ، كما في الفطر *Cephalosporium*

والبالانويدس ، والفطر *Nematocionus leiosporus* . ولا تقوم هذه الهيفات الفطرية بالتمثيل الغذائي ، ولا تحمل أية أعضاء متخصصة في اصطيد النيماتودا ، ولكنها قد تكون حوامل تحمل كونيديات الفطر .

وتوجد هذه الفطريات - ذات التطفل الداخلي - في البيئة على صورة كونيديات ؛ حيث يمكن لهذه الكونيديات الاحتفاظ بحيويتها لفترة طويلة ، وتظل ساكنة حتى تصادف العائل النيماتودي المناسب .

وتكوّن هذه الفطريات أيضا جراثيم سميكة الجدار ، يمكنها تحمل الظروف السيئة . وتعتبر هذه الجراثيم وحدات لسقاح أولية ؛ تصيب النيماتودا الحرة عن طريق التصاقها بالسطح الخارجي للجديد ، أو بواسطة ابتلاع النيماتودا لها مع المادة العضوية وحببيبات التربة.

وفي حالات أخرى ، يمكن أن تكون وحدات للسقاح عبارة عن جراثيم هديبية سابقة zoospores ، كما في حالة الفطريات الكيتريدية التابعة للجنس *Catenaria* والفطريات البيضية التابعة للجنس *Myzocytiium* . وتتجذب 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 ميكرونيين ، أو قد تكون طويلة ونحيفة ؛ وبذلك فهي تحتوي على قليل من المواد الغذائية ، لا تكفي إلا لإنباتها واختراقها لجليد العائل إذا كانت الإصابة خارجية ، أو اختراق جدار المرئ إذا كانت الإصابة داخلية .

وتوجد الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا الحرة فسي عديد من طوائف الفطريات ؛ ومن أمثلة ذلك : الفطريات الكيتريدية Chytridiomycetes ، والفطريات البيضية Oomycetes ، والزيجية Zygomycetes ، والناقصة Deuteromycetes ، والباريدية Basidiomycetes .

١ - الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات الكيتريدية :

يعتبر الفطر *Catenaria arguilluatae* من أشهر الفطريات الكيتريدية المتطفلة داخليًا على النيماتودا ؛ حيث يكوّن هذا الفطر جراثيم هديبية سابحة ، تسبح لفترة ، ثم تفقد أهدابها عند وصولها إلى جليد العائل النيماتودي . وتكوّن هذه الجراثيم عضو

اختراق يخرق الجليد ، وتنمو هيفات الفطر محلة الأحشاء الداخلية للفريسة (شكل ٨ - ١٧) ، ويمثل هذا الفطر حوالي ٩٠٪ من إجمالي عينات الذيماتودا المتحللة بفعل الفطريات الداخلية المتطفل .

وتتميز الجراثيم الهدبية zoospores لهذا الفطر بأنها ذات سوط واحد خلفى ذى شكل كيراجى whiplash ، يبلغ طوله أكثر من ٣٠ ميكرونا . وتتكون هذه الجراثيم الهدبية داخل أكياس أسبورانجية داخل جسم العائل النيماودي (شكل ٨ - ١٧) .

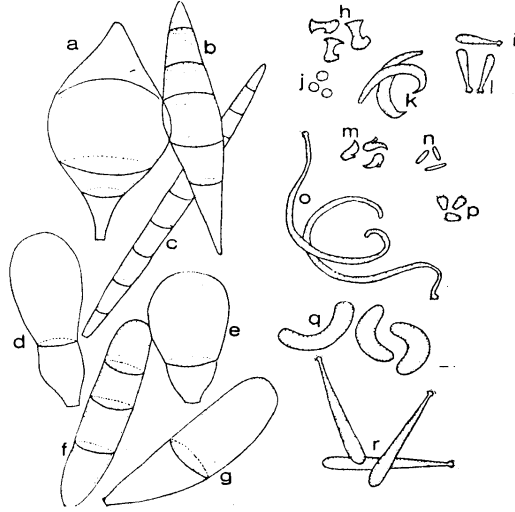
وتتحرر الجراثيم الهدبية عن طريق سباحتها خلال قمة أنبوبة التحرر الطرفية solitary exit tube ، والتي تكون - عادة - قصيرة وسميكة فى الظروف الرطبة . أما عند الجفاف النسبى فإنها تكون طويلة وملتوية . وتسبح الجراثيم الهدبية من خلال أنبوية التحرر إلى الخارج عن طريق تحريك سوطها الخلفى الوحيد الذى يدفعها إلى الأمام .

وفى بعض الحالات التى تكون فيها أنبوية التحرر (أنبوية التفريغ evacuation tube) طويلة ومنحنية ، فإن الجراثيم الهدبية تزحف خارج الأنبوية عن طريق الحركة الأميبية ، أو قد تزحف لفترة ، ثم تنطلق سباحة 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 سباحة بسوطها الوحيد .

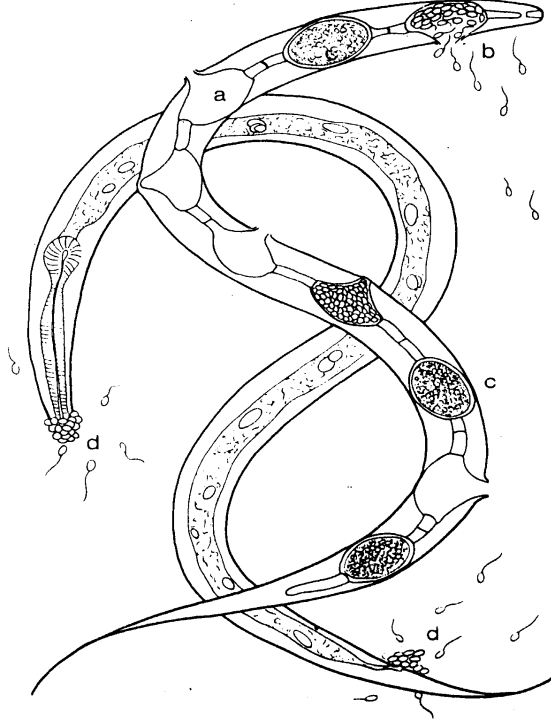
وتتحرك الجراثيم الهدبية السباحة للجنس *Catenaria* حركة موجهة ؛ فهى تسبح متباعدة النيماودا ، وتفتقى أثرها سعياً وراء فرانسها ؛ حيث يدلها على ذلك الإفرازات التى تنساب من جسم النيماودا خلال فتحات الجليد الطبيعية (Keeley, 1969) ، وهذه الإفرازات عبارة عن مواد كيميائية جاذبة لهذه الجراثيم الهدبية .

وبمجرد أن تصل هذه الجراثيم الهدبية إلى سطح العائل النيماودي ، فإنها تفقد أهدابها وتتحوصل بالقرب من فتحات العائل الطبيعية ؛ مثل : الفم ، والإخراج ، والفتحات التناسلية . وفى بعض الأحيان تهاجم هذه الجراثيم الهدبية السباحة جسم النيماودا بأعداد كبيرة ، لدرجة اختفاء جسم الفريسة تحت جحافل جراثيم الفطر المتطفل .



شكل (٨ - ١٦) : جراثيم بعض الفطريات المتطفلة على النيماطودا الحرة .
 a - g = جراثيم بعض الفطريات المتطفلة خارجيًا .
 h - p = جراثيم بعض الفطريات المتطفلة داخليًا .
 q = جراثيم بعض الأنواع المتطفلة خارجيًا التابعة للجنس
 . *Nematoconus*
 r = جراثيم بعض الأنواع المتطفلة داخليًا التابعة للجنس
 . *Nematoconus*

وتنبت هذه الجراثيم بعد فترة قصيرة ؛ معطية أنبوب إنبات ، يخترق الفتحات الطبيعية للنيماطود ، وقد يحدث اختراق مباشر لجليد الفريسة في بعض الأحيان . وتنمو هيفات الفطر بطول جسم العائل ؛ محلة جميع الأجزاء الداخلية ، وامتغذية عليها .



شکل (٨ - ١٧) : الفطر المتطفل *Catenaria anguillulae*

- a - كيس أسبورانجى هيدى zoosporangium خال .
- b - جراثيم هيدبية تسبح متحررة من خلال أنبوب التحرر .
- c - كيس أسبورانجى ساكن داخل جسم العائل النيماتودى .
- d - جراثيم هيدبية متحصلة على فتحة الفم فى العائل النيماتودى .

وعند تمام نمو هذه الهيفات الفطرية الداخلية ، تظهر انتفاخات على مسافات متباعدة على طول هيفات الفطر ؛ حيث تبدو كالعقد . وتتفصل هذه الوحدات المنتفخة عن الهيفات غير المقسمة بواسطة جدر عرضية ؛ حيث يزداد حجم هذه الانتفاخات ؛ وتتكون أكياس جرثومية zoosporangia ، تحتوى على عديد من الجراثيم الهدبية .

ويتمثل جسم العائل النيماتودى المصاب من الداخل بعديد من هذه الاكياس الجرثومية ، هذا بالإضافة إلى وجود أكياس أسبورانجية ساكنة resting sporangia ذات جدر سمكية ؛ مما يجعلها تتحمل الظروف السيئة .

ويتميز الجنس *Catenaria* بأنه متعدد فى طبيعة تغذيته omnivorous food و habits؛ حيث يترمم على المواد العضوية المتحللة فى التربة ، بالإضافة إلى تطفله على بيض النيماتودا . ويعمل هذا التنوع فى تغذية الفطر على إتاحة الفرصة له على النمو فى عديد 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 السابحة zoospores monoplanetic ؛ وعلى ذلك فإن هذه الجراثيم الهدبية تسبح لفترة باحثة عن عائلها النيماتودى المناسب خلال فترة محدودة ؛ فإذا فقدت أهدابها وتحوصلت ، لا يتكون من الجراثيم المتحوصلة أطوار متحركة أخرى .

وعلى ذلك فإن الجراثيم الهدبية التى تكونها مثل هذه الفطريات مجبرة على حسن تصرفها فى البحث عن العائل النيماتودى المناسب ؛ قبل أن ينضب مخزونها الضئيل من المادة الغذائية . وقد تعمل بعض ظروف البيئة على تسهيل المهمة الصعبة لهذه الجراثيم ؛ مثل وجود وسط مائى أو - على الأقل - ذى لزوجة قليلة ؛ بحيث يسمح لهذه الجراثيم السابحة بالوصول إلى عائلها النيماتودى فى أقل وقت .

٣ - الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات البيضية :

عند دراسة الفطريات الكيتريدية المتطفلة داخليًا على النيماتودا - مثل الفطر *Catenaria anguillulae* - وجد أن الجراثيم الهدبية التى يكونها الفطر تسبح لفترة قصيرة 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 *Myzocyttium lenticalare* ، والفطر *M. anomatum* . إلا أن بعض الأنواع الأخرى التابعة للجنس *Myzocyttium* استطاعت أن تطور من نفسها وتجد حلا مناسباً لهذه المشكلة الحيوية (Barron & Percy, 1975) .

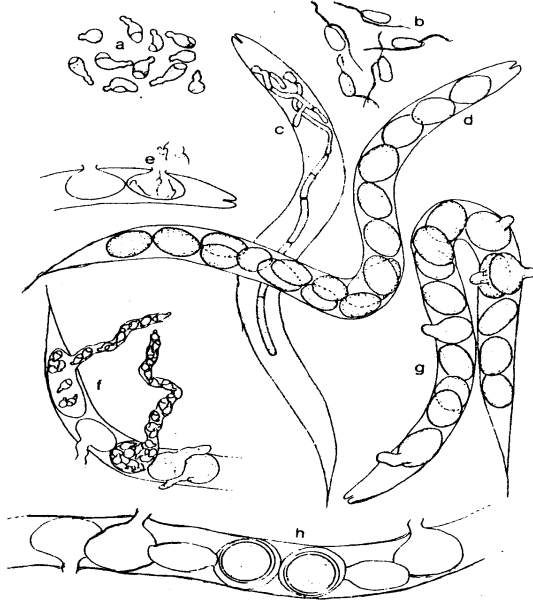
فقد استطاعت الجراثيم الهدبية للفطر *M. humicola* أن تسلك سلوكاً مغايراً لسلك الأنواع الأخرى التابعة لهذا الجنس ؛ حيث لا تتجذب هذه الجراثيم السابحة ناحية العوائل النيماطودية ، بل ولا تعبر النيماطودا الحرة المتحركة حولها أدنى اهتمام . وحيث إن هذه الجراثيم ذات فترة سباحة قصيرة ، تسبح خلالها لمسافة قصيرة ، فهي سرعان ما تفقد أهدابها ، وتسكن متحوصلة ، ثم تكون برعماً طرفياً لاصقاً (شكل ٨ - ١٨) .

وتوجد هذه الجراثيم المتحوصلة - ذات البراعم اللاصقة - في التربة وعلى المواد العضوية المتحللة ، فإذا مر أحد أفراد النيماطودا الحرة العابرة على سبيل الصدفة ، ولامس هذه البراعم اللاصقة ، التصقت الجراثيم بجليد النيماطودا ، ثم سرعان ما تخترقه مكونة ثالوساً جسدياً للعدوى infection thallus داخل أحشاء النيماطودا المصابة .

ويُنتج الثالوس الفطري المعدى - عند تمام تكوينه ونضجه - أكياساً تحتوى على الجراثيم الهدبية zoosporangia . وتتميز هذه الأكياس بشكلها الكروي إلى تحت الكروي (شكل ٨ - ١٨ - f) ، وينحدر منها عديد من الجراثيم الهدبية التي تسبح خارجة من خلال أنبوب تحرر قصير .

وتنتشر في التربة عديد من الجراثيم الهدبية المتحوصلة ، التي تكون 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 النيماطودا الحرة المتجولة ؛ فتلتصق بسطحه وتصيبه .

وتلعب ميكروبات التربة دوراً كبيراً في تثبيط نمو بعض الفطريات المتطفلة على النيماطودا ، بل وقد تعمل - في كثير من الأحيان - على تحليلها وموتها . ويعتبر تكوين الجراثيم خلانياً برعمية لاصقة ترتفع بعض الميكروبات عن سطح التربة من العوامل الحاسمة التي تجعل اللقاح الفطري بعيداً عن تناول هذه الميكروبات ؛ محتفظاً بقدرته على إصابة النيماطودا الحرة .



شكل (٨ - ١٨) : الفطر *Myzocytiium humicola*

- a - جراثيم هديهية متحوصلة تنتج براعم لاصقة adhesive buds .
- b - جراثيم هديهية مزدوجة الأسواط .
- c - تالوس عدوى حديث داخل العائل النيماتودي .
- d,g - عائل نيماتودي مصاب ، تمتلك أحشائه الداخلية بديز من الأسبورتجيات .
- f - جراثيم لاصقة متكونة من جراثيم هديهية بعد تحوصلها داخل الكيس الأسبورتجي .
- h - الطور الجنسي للفطر ؛ حيث تظهر أعضاء التكاثر oogonia ويدخلها الجراثيم البيضيه oospores .

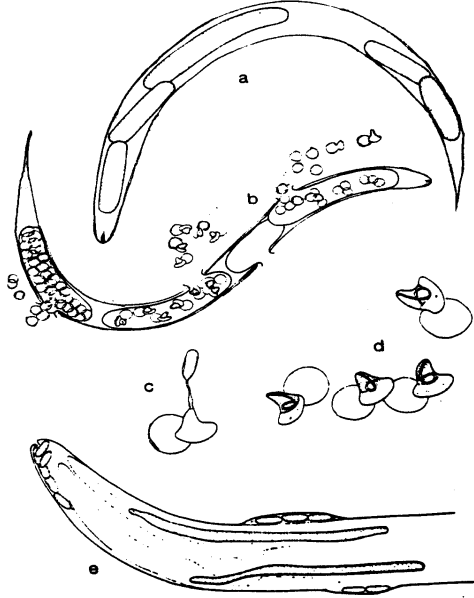
ومن الأنواع الأخرى التابعة للجنس *Myzocyttium* ، الفطر *M. humicola* الذى يتميز بتكوينه طوراً جنسياً تام التكوين . ففي هذا الفطر ، تتكون جاميطات مذكرة *antheridia* وأخرى مؤنثة *oogonia* على هيفاته غير المقسمة . ويتم الإخصاب عندما ينتقل بروتوبلاست الجاميطة المذكرة إلى بروتوبلاست الجاميطة المؤنثة من خلال 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 *Myzocyttium* على حفظ النوع خلال الظروف السيئة ، بالإضافة إلى أن التكاثر الجنسى يعمل على إنتاج أفراد جديدة ذات صفات أكثر قدرة على التألف مع ظروف البيئة ؛ نتيجة إعادة التوالف الجينى *genetic recombination* .

ولما كانت إعادة التوالف الجينى تودى إلى إنتاج أنواع جديدة من الفطريات ذات صفات تتلاءم مع ظروف البيئة ، فإنه من المحتمل أن تكون الأنواع التابعة للجنس *Myzocyttium* - والنسب تنتج جراثيم هدية سابعة تهاك إذا لم تصادف العائل النيماتودى المناسب خلال فترة محددة - قد نتج عن تكاثرها الجنسى أنواع أخرى أكثر رقيماً وتطوراً ، تكون جراثيم هدية تسبح لفترة ثم تسكن ، وبعد ذلك تكون براعم لاصقة تتعلق بجسم النيماتودا الحرة .

بل ومن المثير للدهشة ، أن بعض الأنواع المتطورة التابعة للجنس *Myzocyttium* - مثل الفطر *M. subuliforme* - لا تكون جراثيم هدية سابعة على وجه الإطلاق ، بل تكون جراثيم لاصقة داخل أكياسها الأسبورانجية . وعند نضج هذه الجراثيم يتم قذفها بقوة من خلال أنبوب التحرر المتصل بالكيس الأسبورانجى .

ولقد وصل تطور هذه الفطريات - ذات التطفل الداخلى على النيماتودا - إلى درجة بالغة التعقيد ، وذلك لى تتوافق مع طبيعة حياتها الصعبة . ففي الوقت الذى عانت منه بعض هذه الفطريات الأحادية الفترة السابعة لجراثيمها الهدبية ، استطاعت فطريات أخرى إنتاج جراثيم هدية ثنائية الفترة السابعة ؛ كما هى الحال فى الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Haptoglossa* ؛ ومن أمثلة ذلك الفطر *H. zoospora* .



شكل (٨ - ١٩) : الفطر *Haptoglossa heterospora*

- a = ثالوس فطري مُعد داخل جسم العائل النيماتودي .
- b = ثالوس فطري مُعد ناضج ، تتحرر منه جرثيم الفطر من خلال أنبوب التحرر .
- c = جرثيم عديمة الأسواط *glossoid spores* ، يظهر بها الأنبوب الملتصق المؤدى إلى الثقب الفمي .
- e = نيماتودا مصابة بثالوثين ناميين داخل جسمها ، ويظهر بين جلدي العائل وطبقة الهيودرمس عدد من وحدات العدوى *infection units* .

وفي بعض الفطريات التابعة للجنس *Haptoglossa* - مثل الفطر *H. zoospora* ، والفطر *H. heterospora* - تتكون جراثيم هديبة داخل أكياس أسبورانجية ، وعند نضج هذه الجراثيم يقذفها الفطر بقوة تجاه أفراد النيماطودا الحرة المتجولة بالقرب منه ، ولا يستغرق ذلك إلا جزءاً من الثانية (Davidson & Barron, 1973) ، وتعتبر هذه الآلية البارعة في عدوى النيماطودا من مميزات هذه الفطريات المتطورة ، والتي يمكن مقارنتها بالآلية الحذقة التي تتميز بها بعض الفطريات الخارجية الطفيل ، وهي قدرتها على اصطياد النيماطودا الحرة عن طريق الحلقات المنقبضة .

وينتشر الفطر *H. heterospora* في مناطق عديدة من العالم ، متنوعاً في طريقة تغذيته ؛ فهو تارة متطفل على بعض أنواع النيماطودا ، وتارة أخرى مترمم على أوراق الأشجار المتحللة . وعند نمو هذا الفطر على عوائله النيماطودية ، فإنه يكون هيفات فطرية يتكوّن على كلّ منها عديد من الحليمات القصيرة . وينتج من هذه الحليمات جراثيم كروية غير متحركة ، تخرج من خلال أنبوب تحرر . وتنتب هذه الجراثيم بتكوين جرثومة أخرى غير متحركة ذات شكل يشبه الوسادة المثلثة . وتتمدد إحدى زوايا الجرثومة بحيث تصبح أكبر من الزاويتين الأخرتين ، وينحني هذا التمدد ويأخذ شكل اللسان tongue-like (شكل ٨ - ١٩ - d) .

٣- الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات الزيجية:

من أهم الفطريات التابعة لهذه الطائفة الفطر *Meristacrum asterospermum* ؛ الذي يتميز بتكوين كونيديات لاصقة تتعلق بجليد النيماطودا . وتنتب هذه الكونيديات بإعطاء هيفا اختراق penetration hypha ، تتميز بدقتها . وتتمو هيفات الاختراق من خلال جليد العائل ؛ حيث تكون ثالوس الفطر المعدى infection thallus .

وينمو الثالوس الفطري طوولياً داخل أحشاء النيماطودا المصابة ، ثم ينفصل هذا الثالوس عند نضجه إلى عديد من القطع الهيفية الصغيرة ذات الأطراف المستديرة . ويتم إنجاب حوالى نصف هذه القطع الهيفية ؛ منتجة حوامل كونيدية conidiophores ، بينما ينتج النصف الآخر جراثيم ساكنة سميكة الجدار . وترتفع الحوامل الكونيدية إلى حوالى ٥٠٠ ميكرون ، وتكون قمة سميكة ملتفة .

وتُحملُ الكونيديات في تتابع قاعدىّ من الجزء الملتف على الحامل الكونيدى ؛ حيث تستهلك كل المادة السيتوبلازمية في تكوين الجراثيم . ويحمل كل حامل أكثر من ٥٠ كونيدة ، فإذا ما تحررت هذه الكونيديات انهار الحامل وتحلل .

وتقذف جراثيم بعض الفطريات الزيجية المتطفلة بقوة ؛ مثال ذلك الفطر *M. asterospermum* . وتتكون جراثيم هذا الفطر على طرف ملتف في نهاية الحامل ؛ حيث يعمل ذلك على قذف الجراثيم في اتجاهات مختلفة ، ولكن على مسافة لا تزيد على ٣ ملليمترات بعيدا عن الحامل الكونيدى .

وكونيديات هذا الفطر ذات شكل بيضىّ مقلوب ، ويمكنها التعلق بجسم النيماتودا التى تمر ملامسة لها ملتصقة بجليدها . ولا تهلك الكونيديات التى لا تتعلق بعوائلها النيماتودية ، بل تبدأ في الإنبات، وينتج عن إنباتها كونيدة أخرى جديدة محمولة على ساق عمودية 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 في إنتاج الكونيديات الثانوية كمصدر عدوى لأية نيماتودا أخرى عابرة . ويظهر هذا السلوك الغريب للكونيديات ، وخاصة على جليد النيماتودا المصابة التى في طريقها إلى الموت ؛ حيث لا تجد هذه الكونيديات العائل النيماتودى المحتضر مناسباً لإصابته .

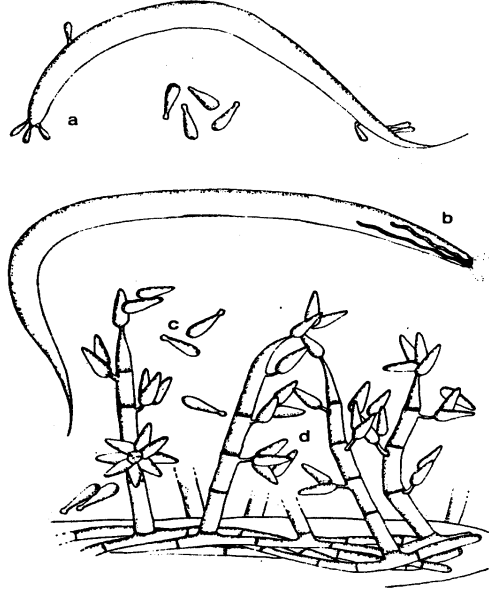
ويؤدى تكوين الكونيديات الثانوية باستمرار إلى تجديد اللقاح الفطرى الممرض ، لعله يجد عوائل نيماتودية مناسبة أو ظروفًا بيئية أكثر ملاءمة لإحداث العدوى . وكم شوهدت نيماتودا مصابة بعدد من هذه الكونيديات الثانوية في أماكن بعيدة عن مصدر اللقاح الأولى .

٤- الفطريات الداخلية التطفل التابعة للفطريات الناقصة :

أ - الجراثيم اللاصقة Adhesive Spores :

طورت عديد من الفطريات الناقصة نفسها لتكوين جراثيم لاصقة adhesive spores ، تعمل كلقاح أولى لإصابة عوائلها من النيماتودا . ولعل أفضل الأمثلة -

المعروف عنها إنتاج مثل هذه الجراثيم - الأجناس : *Verticillium* ،
Cephalosporium ، و *Meria* .



شكل (٨ - ٧٠) : الفطر *Meria coniospora* .

- a = كونيديات لاصقة متعلقة بجلبد العائل النيماتودي .
- b = هيئا الطوى داخل جسم العائل النيماتودي .
- c = كونيديات ناضجة يتكون عليها برعم لاصق .
- d = حوامل كونيديّة وكونيدييات تخرج من خلال جلبد العائل بعد تمزقه .

ففي 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 ، وكثيراً ما تشاهد النيماتودا تتغذى على مثل هذه الجراثيم دون أن تصاب بأذى .

وعند وضع نيماتودا سليمة في طبق بترى يحتوى على نيماتودا ميتة - نتيجة إصابتها بالفطر *Meria* - فإن جراثيم الفطر تغطى جليد النيماتودا السليمة خلال بضع دقائق ، وخاصة عند الفحات 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 التي تنتشر في التربة والمواد العضوية المتحللة ، وهذا يفسر تعلق الجراثيم بمنطقة الرأس واختراقها للجليد في هذه المنطقة ، وخاصة منطقة الفم buccal region التي تتحلل أنسجتها ؛ مما يؤدي إلى عدم قدرة النيماتودا المصابة على الاستمرار في التغذية .

وبمجرد أن تخترق هيفا العدوى - الناتجة من هذه الكونيديات - جليد النيماتودا ، يصعب على النيماتودا أن تبرا من العدوى . وفي التجارب المعملية - التسي أجريت لدراسة آلية العدوى - شوهدت مئات من الكونيديات تهاجم فرداً واحداً من النيماتودا ، ومع ذلك فإن نجاح كونيديّة واحدة في اختراق جليد العائل يكفى لإحداث العدوى ، وموت النيماتودا الحتمى .

وتثبت كونيديّة الفطر الممرض المتصلة بجليد العائل النيماتودى مختزقة الجليد مباشرة ؛ مكونة هيفاً 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 النيماتودا الهيفية بوضوح داخل جسم الفريسة ، بينما هي مازالت تتحرك ساعة للبحث عن غذائها ، ربما دون أن تظن إلى أنها نفسها أصبحت غذاءً للفطر المفترس .

وتتميز هيفات العدوى الحديثة بأنها ذات نمو متموج ؛ حيث تنمو هيفات الفطر الممرض ويزداد عددها على حساب محتويات جسم النيماتودا المصابة ؛ مما يؤدي إلى ضعف النيماتودا ثم احتضارها .

وفي خلال أيام قليلة ، يمتلئ جسم النيماتودا المصابة بهيفات الفطر المتطفل . وتخرج بعض هيفات الفطر خارج جسم النيماتودا عن طريق تحليل الجليد في عدة مواضع . وتتحول هذه الهيفات إلى حوامل كونيديية تحمل كونيديات عديدة (شكل ٨ - ٢٠ - d) ؛ وبذلك يتكون الطور اللاجنسي للفطر الممرض .

وتتجمع كونيديات الفطر الممرض (*Meria contospora*) في عنقايد أو سلاسل قصيرة ، تُحمل على قمة الخلية المولدة للكونيدييات ذات الشكل الأنبوبي .

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 المترمة ، وكذلك مع أبناء عموماتها من الفطريات المتطفلة على النبات من الجنس *Verticillium* .

ولقد تطورت كونيديات هذه الفطريات - أيضا - من حيث كيفية مهاجمة عوائلها من النيماتودا الحرة المتجولة في التربة وعلى المواد العضوية المتحللة ، وأظهرت تنوعا هائلا في شكل كونيدياتها التي تكونها . وتأخذ بعض هذه الكونيديات شكلا هلاليا ، أو حلزونيا ، بل وفي كثير من الحالات تأخذ هذه الكونيديات أشكالا غريبة يصعب على المتخصصين وصفها وصفا يصلح لأن يكون مرجعا لغيرهم .

وتلعب هذه الأشكال الغريبة لكونيدييات الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا الحرة دورا كبيرا في تحقيق الغرض الأساسي من تكوينها ، وهو الالتصاق بفتحة الفم والتجويف الفمي ومرئ النيماتودا .

ويعتبر الفطر *Harposporium anguillulae* من أكثر الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا شبيوعا ؛ حيث يكون جراثيم محللة ingested spores (شكل ٨ - ٢١) تعمل على تحليل أنسجة الأحشاء الداخلية للعائل النيماتودي والتغذية عليها .

وتميل جراثيم هذا الفطر المتطفل إلى أن تأخذ الشكل الهلالي ، وهي ذات طرف واحد مستدق (شكل ٨ - ٢١ - c) . ولا يتمثل طرفا الجرثومة في مستواهما الفراغي ، وقد تأخذ الجرثومة شكلا حلزونيا ؛ سواء في هذا النوع ، أم الأنواع الأخرى التابعة لهذا الجنس . وينحني الطرف الحاد للجرثومة ناحية محورها المركزي .

ويقوم هذا التركيب المتميز لجراثومة الفطر *H. anguillulae* بدور فعال في تعلق الجراثومة بمرئ العائل النيماتودي ؛ فعندما يتلغ النيماتودا جراثيم هذا الفطر - التي تنتشر في التربة وعلى المواد العضوية المتحللة - فإن الطرف الحاد للجراثومة يخترق المنطقة التي بين الياف عضلات المرئ ، وتستقر الجراثومة في هذه المنطقة التي تعتبر مكان العدوى الأولية (شكل ٨ - ٢١ - a) .

وعادة ما تشاهد عديد من الجراثيم متعلقة في عضلات مرئ النيماتودا السنية الحظ، التي ابتلعت هذه الجراثيم خلال تغذيتها ، دون أن تفتن إلى خطورتها المميتة . وتكفي جراثومة واحدة لإحداث العدوى وهاك العائل النيماتودي .

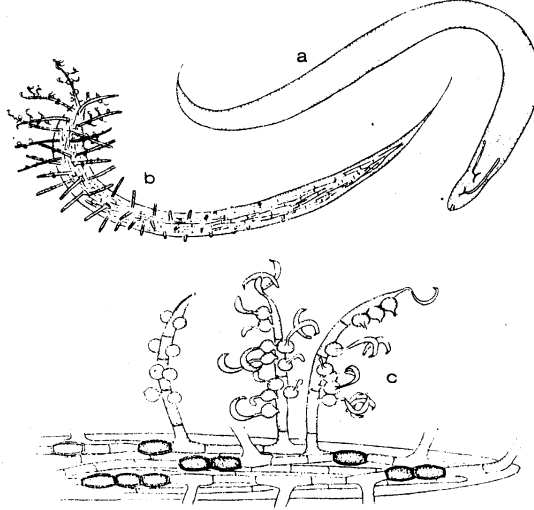
ويتم إنبات هذه الجراثيم عن طريق ظهور أنبوب إنبات يظهر من مركز الجانب المحدب للجراثومة (شكل ٨ - ٢١ - a)؛ حيث يخترق أنبوب الإنبات عضلة المرئ. وتنمو هيفات العدوى infection hyphae داخل عضلات المرئ؛ مما يؤدي إلى تمزقها، ثم تنمو هذه الهيفات داخل فراغ جسم العائل النيماتودي ؛ محللة أحشاءه الداخلية.

وتتلازم المراحل المبكرة من العدوى مع تحلل النسيج العضلي للمرئ في عديد من المواقع ، ثم تنتقل العدوى من موقع حدوثها إلى أماكن أخرى بعد ذلك ؛ حيث تنمو هيفات الفطر داخل جسم النيماتودا المصابة ؛ كما هي الحال في الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Meria* .

ويؤدي نمو هيفات الفطر داخل جسم العائل النيماتودي إلى تحليل أحشائه الداخلية. وبعد فترةٍ تظهر حوامل الفطر الكونيدية من خلال تحلل جليد النيماتودا الميتة في عديد من المواقع . ففي الفطر *Harposporium* ، تتكون حوامل كونيدية قصيرة غير متفرعة ، تحمل خلايا مولدة للكونيديات conidiogenous cells ذات شكل كروي إلى شبه كروي يطلق عليها اسم " قارورات phialides " كل منها ذات قمة أنبوبية (شكل ٨ - ٢١ - c) ، تخرج منها كونيديات متتابعة ، تتجمع في عنقايد على قمة القارورة .

وفي المراحل المتقدمة من الإصابة ، تشاهد بعض خلايا هيفات الفطر المتطفل ذات جدر مغلظة 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 النيماتودي في بعض المواضع وتحلله ؛ حيث تنبت في 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 نابئة في مرئ عائل نيماتودي .
- b - مرحلة متأخرة من العدوى ؛ حيث تظهر العوامل الكونيدية خارجة من جليد العائل النيماتودي بعد تمزقه في عديد من المواقع .
- c - الخلايا المولدة للكونيديات ذات الشكل الكروي ، منتجة كونيديات تأخذ أشعلا هلالية crescent-shaped conidia ، وتظهر أيضا الجراثيم الكلاميدية chlamydospores ذات الجدر السميفة الداكنة اللون ؛ مكونة داخل العائل النيماتودي .

ولقد اعتقد بعض الباحثين أن الطرف المدبب للكونيودة يستخدم في تثبيتها على جليد العائل النيماطودي ؛ حيث تعمل حركة عضلات النيماطودا على توجيه هذا الطرف المدبب ناحية الجليد . ومن أمثلة هذه الفطريات التي تلتصق جراثيمها بجليد عوائلها النيماطودية : الفطر *H. helicoides* والفطر *H. oxycoracum* .

وتتكون على أطراف كونيديات الفطريات السابقة قطيرات لزجة ، قد تعمل على التصاق هذه الكونيديات بجليد العائل النيماطودي ؛ حيث تثبت هذه الكونيديات مكونة عضو اختراق ، يخترق جليد النيماطودا . وتهاجم هيفات الفطر المعدية الأحشاء الداخلية . وعلى ذلك تعتبر الأنواع التابعة للجنس *Harposporium* من الفطريات المتطفلة التي تهاجم النيماطودا عن طريق الاختراق خلال الجليد الخارجي .

إلا أنه يلاحظ - عند ابتلاع النيماطودا لكونيديات الفطر *H. anguillulae* - أن هذه الكونيديات تستقر في النسيج العضلي للمرئ ؛ وذلك عند محاولتها ابتلاع الكونيديات مع المواد العضوية الموجودة في التربة بغرض التغذية . وعند فحص تلك النيماطودا بعد ذلك ، لم تشاهد العدوى إلا في منطقة المرئ التي تعلق بها كونيديات الفطر الممرض .

وفي حالة النيماطودا الرمحية المتطفلة على النبات - مثل الجنس *Xiphinema* - تتحور أجزاء فمها إلى رمح يُستخدم في اختراق خلايا العائل النباتي وامتصاص العصارة الخلوية . ولا يوجد لهذه النيماطودا فتحة فمية ؛ وبالتالي فهي لا تستطيع ابتلاع جراثيم الفطر *Harposporium* ولا تصاب به .

وتعتبر الحالة السابقة من الحالات الخاصة ، والتي ترجع إلى طبيعة تغذية النيماطودا . أما في أنواع النيماطودا المتغذية على ميكروبات التربة ، فهي تتبلع جراثيم الفطريات ومنها الفطريات الممرضة لها ؛ مثل الفطر *Harposporium bysmatosporium* . ولقد وصف هذا الفطر لأول مرة الباحث الألماني (1946) Drechsler ؛ حيث سجل الشكل غير المألوف لكونيدياتها ، والتي تشبه عظمة لوح كتف الإنسان *human upper-arm bone* .

وتحدث العدوى بالفطر السابق ؛ وذلك عندما تستقر كونيدياته ذات الشكل الغريب في التجويف الفمي للعائل النيماطودي وتثبت داخله . ويستقر - عادةً - داخل تجويف فم

العائل عديد من كونيديات الفطريات الممرضة ؛ ومن أمثلة ذلك : الفطر *H. diceraeum* ، والفطر *H. rhynchosporum* .

وفي بعض الحالات ، تتكون على بعض الكونيديات - التي تكونها هذه الفطريات - فقاعة واضحة عند قاعدتها ؛ كما هي الحال في الفطر *H. helicoides* . وقد يلعب هذا التركيب دورا في لصق كونيديات الفطر الممرض بعائلها النيماطودي . وتتميز جراثيم هذا الفطر بالشكل الحلزوني ؛ حيث تنبتلعها النيماطودا خلال تغذيتها على ميكروبات التربة .

ولا تنمو الفطريات الناقصة التي تتطفل داخليًا على النيماطودا ، والتي تتبع الفطريات الهيفية Hyphomycetes بصورة طبيعية خارج عوائلها ؛ مكونة هيفات فطرية ، ولكن يمكن - تحت ظروف المعمل - التقاط أحد أفراد النيماطودا المصابة بفطر من هذه الفطريات الهيفية ووضعها على سطح بيئة إجار مستخلص المولت المضاف إليه المضاد الحيوى أوريوميسين aureomycin . وبعد فترة من التحضين ، نمت هيفات الفطر بصورة جيدة خارج جسم النيماطودا الميتة ، وتكونت مزرعة نقية من الفطر المنطفل على بيئة الإجار .

٥- الفطريات داخلية التطفل التابعة للفطريات البازيدية :

يعتبر الفطر *Nematoctonus* أحد الفطريات الناقصة التي تكوّن هيفات تحمل روابط كلابية clamp connections ؛ مما يدل على أن هذا الفطر عبارة عن طور ناقص لفطر بازيدى .

ويكوّن هذا الفطر عقدا لاصقة adhesive knobs على هيفاته الخارجية ، وذلك في الأنواع ذات التطفل الخارجى ، فى حين أن الأنواع المتطفلة داخليًا لا تكون أية هيفات خارجية ولا أعضاء خاصة لاقتناص النيماطودا الحرة المتجولة حولها . وفى مثل هذه الفطريات ذات التطفل الداخلى ، يتم اصطياد النيماطودا الحرة عن طريق الجراثيم اللاصقة adhesive spores .

ومن أكثر الفطريات المتطفلة على النيماطودا 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 فردية على نوات قصيرة (شكل ٨ - ٢٢ - b) .

وتتميز جراثيم الفطر بشكلها الذى يشبه شكل السيجار cigar-shaped ، وهى ذات طرف مستدق . ولا تلتصق هذه الجراثيم بسطح النيماتودا الحرة - عادة - بل تظل متصلة بالهيف المولدة لها ، وعندما تتضح تسقط على سطح البيئة التى تنمو عليها هيفات الفطر . ويتم إنبات هذه الجراثيم عن طريق تكوين امتداد عمودى قصير ، يبلغ طوله حوالى ١٠ - ١٥ ميكرونا ، يحمل عقدة لاصقة على طرفه (شكل ٨ - ٢٢ - c) .

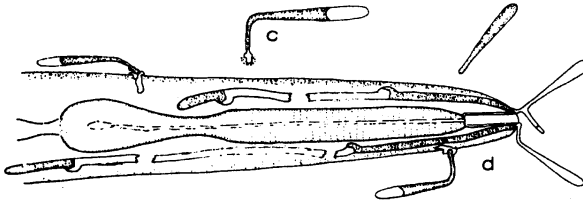
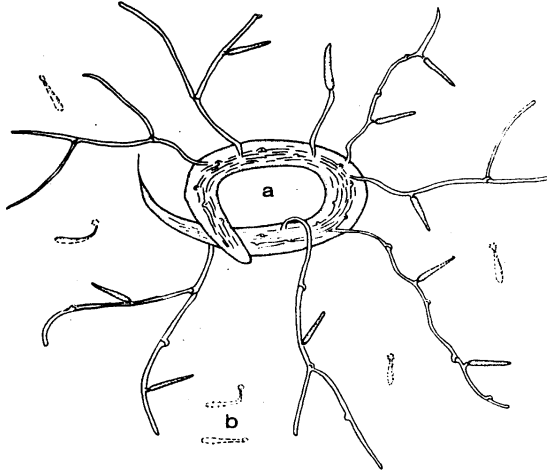
وتلتصق الجراثيم على جليد العائل النيماتودى ، ثم تخترقه بعد فترة قصيرة شأنها فى ذلك شأن الفطريات الداخلية التطفل . وعادة ما تكون هذه الجراثيم تفرعا لاصقا اضافيا أو تفرعين لاصقين ، يظهران من الامتداد العمودى القصير للجراثيم . وقد تنتج مثل هذه التراكيب اللاصقة الإضافية فى بعض الحالات ؛ مثل عدم تمكن العقدة اللاصقة من اتخاذ الوضع المناسب لاصطياد النيماتودا الحرة التى تمر بجوارها .

وبمجرد أن يتم اختراق جليد العائل النيماتودى ، تنمو هيفات الفطر المعدية داخل أحشاء النيماتودا المصابة ، مختربة أنسجتها على طول جسم الفريسة . وتحمل هذه الهيفات الفطرية الروابط الكلابية على طول هيفات العدوى .

وقد تتحمل بعض النيماتودا المصابة العدوى بالفطر الممرض ، وتستمر فى حياتها اليومية من حركة وتغذية لفترة قصيرة ، على الرغم من نمو هيفات العدوى داخل جسمها ، دون أن تدرى أى مصير ينتظرها .

وفى بعض الأحيان ، تموت هيفات العدوى داخل جسم النيماتودا المصابة بفعل آلية دفاعية خاصة تقوم بها أنسجة النيماتودا الداخلية لوقف غزو هيفات الفطر الممرض . وقد تعتمد هذه الآلية على قتل هيفات الفطر ؛ حيث شوهدت فى كثير من الحالات هيفات 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 *Nematocotmus* أنواعا أخرى من الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا ، بالإضافة إلى الأنواع الداخلية التطفل ، وهذا يجعل تقسيمنا لهذه الفطريات على أساس نوع التطفل محل شك .



شكل (٢٢ - ٨) : الفطر *Nematocystis leiosporus*.

- a - عائل نيماتودي مصاب بهيفات تحمل روابط كلابية ، تظهر من العائل المتحلل ، وتنمو على سطح البيئة .
- b,c - كونيديات نابذة تنتج نمواً متعامداً إذا طرفه يحتوى على عقدة لاصقة .
- d - عائل مصاب بكونيديات ملتصقة بجلبد العائل ، بينما تظهر هيفات العوى متجزئة إلى قطع هيفية داخل جسم العائل .

فعلى سبيل المثال ، هناك بعض الفطريات النموذجية ذات التطفل الخارجى ؛ مثل الفطر *Arthrotrichum oligospora* ، الذى تنبت جراثيمه فى البيئة التى ينمو عليها الفطر مكونة هيفات فطرية تحمل مصائد لاقتناص النيماتودا الحرة المتجولة حولها . بينما تتكون هذه المصائد الفطرية على كونيديات بعض الفطريات ؛ مثل الأنواع الخارجية التطفل التابعة للجنس *Nematocotomus* ؛ حيث تتكون عقد لاصقة على الكونيديا مباشرة ؛ وبذلك يكون اللقاح الأولى فى هذه الحالة هى الكونيديا اللاصقة التى تُحدث العدوى الأولية مشابهة فى ذلك عديدًا من الفطريات الداخلية التطفل .

ويمكن اعتبار أنواع الفطريات ذات التطفل الداخلى التابعة للجنس *Nematocotomus* أنواعا 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 *Nematocotomus* فى الحجم ، وتقترب صفات جراثيم هذه الفطريات من تلك الأنواع الداخلية التطفل ، وتختلف كثيرا 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 *Nematocotomus* 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 *Arthrotrichum 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 نقيه فى المعمل .

ويعتبر الفطر *R. elegans* من الفطريات اللافتة للنظر ، بحوامله الكونيدية الطويلة الباسقة ، ذات الأطراف الدقيقة ، والنهايات المنتفخة الكبيرة (شكل ٨ - ٢٤ - b) . ويغشى سطح الانتفاخ (المتانة) كونيديات كبيرة الحجم بنية اللون ، ذات شكل إهليلجى . وتتصل قاعدة الحامل الكونيدى بالبيئة التى ينمو عليها عن طريق خزمة من أشباه الجذور rhizoids تنفرع الى فروع دقيقة داخل البيئة الغذائية .

ويتعرض هذا الفطر - بدوره - للإصابة بفطريات أخرى ممرضة ؛ مثل الفطر *Verticillium psallioae* ، ويطلق على هذه العلاقة " mycoparasitism " . ويعتبر الفطر *R. elegans* عائلا متبادلا لبعض الفطريات الأخرى الممرضة للنبات ؛ حيث يصاب بالفطر *Verticillium alboatrum* الذى يسبب عفنا للتقاوى 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 ليصيبيها . وفى بعض الأحيان تهاجم عديد من هيفات العدوى البيضة الواحدة فى نفس الوقت (شكل ٨ - ٢٣) .

وعندما تتلامس إحدى هيفات العدوى مع سطح بيضة النيماتودا ، ينتفخ طرف الهيفا مكونا 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 انتفاخا ما بعد الاختراق post-penetration bulb يشابهه فى شكله وحجمه عضو الالتصاق .

وتلى مرحلة العدوى زيادة سريعة في نمو الهيفات الماصة absorption hyphae للفطر الممرض . وتنمو هذه الهيفات بطريقة غير منتظمة ، بحيث تملأ فراغ البيضة الداخلي ، وتستهلك جميع المواد الغذائية المتاحة .



شكل (٨ - ٢٣) : صورة بالميكروسكوب الإلكتروني 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 - في جميع البيض الذي تم فحصه - من الصفات المميزة لهذه الفطريات الممرضة لبيض النيماتودا ؛ حيث إنه عادة ما يكون هناك تماثل عند نفطة الاختراق بين هذين التركيبين ، وربما يرجع ذلك إلى الضغط الناتج عن اختراق وتد العدوى penetration peg الذي يضغط على غلاف البيضة خلال دخوله .

ويتميز الفطر *Rhopalomyces elegans* بأنه يكون جراثيم كبيرة الحجم ، في حين أن هيفاته نحيفة جداً لا يتعدى قطرها ميكرونين . وتعمل هذه الهيفات المتجمعة على تكوين نظام قاتل بالنسبة إلى بيض النيماتودا الواقع في نطاق نمو الفطر الممرض .

وليس من المعروف - على وجه التحديد - العوامل التي تتحكم في تكوين هيفات العدوى وتحديد اتجاه نموها ناحية بيض النيماتودا ، ثم تكوين أعضاء الالتصاق على

سطح غلاف البيضة . وفي الوقت نفسه لم يتم بعد التعرف على المواد الكيماوية المفروزة من بيض الديدانودا ، والتي تنتشر في البيئة من حولها مؤثرة على نمو هيفات الفطر الممرض القريبة منها .

وهناك عديد من النظريات العلمية التي تناقش العوامل المؤثرة على نمو هيفات الفطريات الممرضة في التربة واتجاهها ناحية بيض الديدانودا . وتفترض إحدى هذه النظريات أن النشاط الميكروبي في المواد العضوية المتحللة حديثا تشجع إنبات جرثيم الفطر الممرض *R. elegans* وإنتاج شبكة من الهيفات الفطرية تسبق تكاثر الديدانودا ووضعها للبيض ، والذي يتبعه التحلل البكتيري للمادة العضوية .

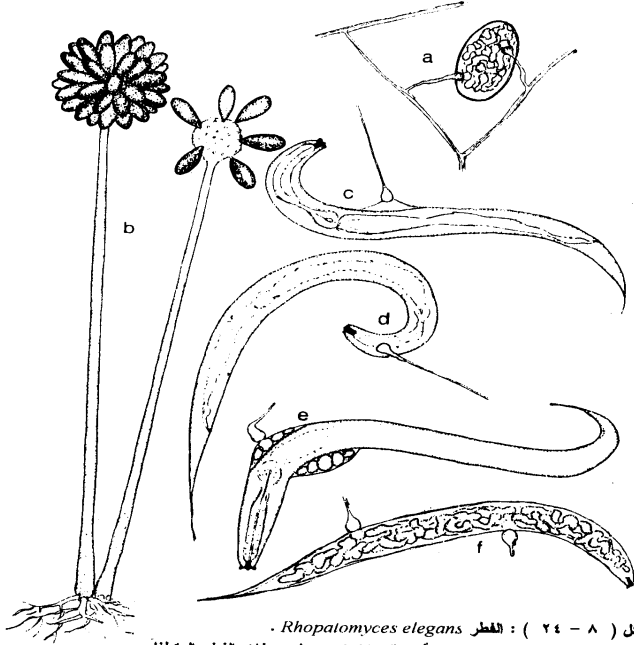
وفي نفس الدراسة السابقة ، وجد أن بعض سلالات بكتيريا *Bacillus cereus* - والتي تنتشر بوفرة في المادة العضوية المتحللة - تفرز مواد ذاتية في الماء تعمل على حث جرثيم الفطر *R. elegans* على الإنبات تحت الظروف القلوية . وتعتبر بكتيريا *B. cereus* وغيرها من البكتيريا ، من الأغذية المفضلة للديدانودا الحرة في التربة والمواد العضوية المتحللة .

وتحت هذه الظروف من النشاط الميكروبي الكثيف في المواد العضوية المتحللة ، فإنه ليس مثيرا للدهشة أن يهاجم بيض الديدانودا عديد من الميكروبات المتطفلة . ويبدو من نتائج دراسات أخرى عديدة أن هذا البيض يهاجم بأنواع من الفطريات التي تكون جرثيم هديبة 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 الديدانودا لظروف بيئية غير مناسبة تُفقد هذا البيض حيويته ، ثم تهاجمه بعض الفطريات بعد ذلك . وفي هذه الحالة تكون هذه الفطريات مترمة على البيض الميت وليست متطفلة .

ولقد وجد - أيضا - أن الفطر *R. elegans* يهاجم الديدانودا البالغة في أطوارها اليرقية (شكل ٨ - ٢٤) . ومن المحتمل أن هناك أنواعا أخرى من الجنس *Rhopalomyces* تتطفل على الديدانودا أيضا على بيضها . ولقد وجد أيضا أن الأنواع التابعة لهذا الجنس تنرم 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 *Rhopatomyces elegans* .

- a = بيضة نباتودا تحوى على هيفات الفطر المتطفل .
 b = حامل كونيدي يظهر عمودياً على البيئة التى ينمو عليها ، ومتصلاً من قاعدته بأشباه جذور . ويحمل الحامل كونيديات داكنة اللون على ارتفاع قسماً .
 c-f = نباتودا مصابة بالفطر الممرض ، تنمو داخلها هيفات الفطر .

وهناك عديد من الفطريات الأخرى المتطفلة على بيض النيماطودا ؛ مثال ذلك : الفطر *Dactylella oviparasitica* الذى يتطفل على بيض النيماطودا من الجنس *Meloidogyne* ، والفطر *Nemotophthora gynophila* المتطفل على إناث النيماطودا من الجنس *Heterodera* وعلى حوصلاتها ، والفطر *Verticillium chlamydosporium* المتطفل على النيماطودا من الجنس *Heterodera* والجنس *Meloidogyne* ، وأخيرا الفطر *Paecilomyces lilacinus* الذى يتطفل على بيض نيماطودا تعقد الجذور (*Meloidogyne incognita* (شكل ٨ - ٢٣) .

سابعاً - طرق دراسة الفطريات المتطفلة على النيماطودا :

وصف عديد من الباحثين طرقاً مختلفة لدراسة الفطريات المتطفلة على النيماطودا ؛ مثل : (1955) Duddington و (1969) Wyborn et al. و (1977) Barron و (1988) Gray و (1992) Dackman et al. .

ومن الطرق المستخدمة فى مثل هذه الدراسات طريقة نثر التربة على سطح الاجار *The sprinkle plate method* . ويتم ذلك عن طريق نثر كمية قليلة من التربة تتراوح بين نصف جرام و جرام واحد على سطح بيئة فقيرة فى محتوياتها الغذائية ؛ مصبوبة فى أطباق بترى معقمة . ويستخدم لذلك - عادة - اجار دقيق الذرة المخفف أو الاجار المائى ؛ حيث تحضن الأطباق لعدة أسابيع على درجة حرارة الغرفة .

وتظهر النيماطودا زاحفة على سطح الاجار ، متغذية على مستعمرات البكتيريا ؛ حيث يزداد عدد أفراد هذه العشيرة النيماطودية مع الوقت . وتنمو على سطح الاجار هيفات عديد من الفطريات ، بعضها متطفل على النيماطودا الحرة المتجولة .

ويعمل وجود النيماطودا على تشجيع نمو هيفات الفطريات المتطفلة عليها ، وعلى تكوين تراكيب المصائد الفطرية القانصة للنيماطودا . وتنجذب النيماطودا إلى مثل هذه التركيبات الفطرية ؛ حيث تصاب وتصبح فريسة لهذه الفطريات القاتلة . ويكون الفطر هيفاته وحوامله الكونيدية حول ضحيته التى تم اصطيادها .

وهناك عدة طرق - بعضها كمي *quantitative* ، والآخر نصف كمي *semi-quantitative* - لتقدير الانتشار النسبى لوحدات الفطريات المتطفلة على النيماطودا

الحررة 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 المائي بعد تخفيفه إلى عدة تخفيفات متتالية ، وبعد ثلاثة أيام من التحضين ، تضاف النيماتودا إلى النومات الفطرية على سطح الأجار .

وتحضر الأطباق البترى - المحتوية على كل من النيماتودا والفطريات النامية على سطح الأجار - لمدة حوالى ثلاثة أسابيع ، وتسجل النتائج ، ويتم تحليلها إحصائيا ، لتقدير العدد الأكثر احتمالا (MPN) most probable number . وعلى الرغم من ذلك ، فعند إضافة عدد معلوم من كونيديات الفطر *Arthrobotrys conoides* ، فإن ما يتم عدده على سطح بيئة الأجار لا يتعدى ١٥٪ من العدد الأصلي ، 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) تبعاً 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 بروت 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 *Monacosporium elliposporum* و *Arthrobotrys dactyloides* بيـس 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 أجار دقيق الذرة . وبعد فترة من

التحصين ، تم فحص سطح الاجار ؛ حيث شوهدت النيماتودا والفطريات المتطفلة عليها نامية بعد فترة تحضين تتراوح بين ٦ ايام و ١٢ يوما . ويمكن الاعتماد على هذه الطريقة لمقارنة عيناتٍ مختلفةٍ من التربة والمواد العضوية بطريقةٍ نصف كمية .

وتوضح الطرق غير المباشرة مدى فعالية الفطريات المتطفلة على عشاير النيماتودا فى التربة . ويمكن فحص عينات التربة مباشرة (Kliejunas & Ko, 1975) ، أو عن طريق استخلاص النيماتودا من التربة باستعمال مناخل ذات فتحات محددة ؛ حيث يودى فحص عينات النيماتودا الى ظهور بعضها مصابا بمصابيد الفطريات المتطفلة خارجياً ؛ مثل الحلقات والعقد اللاصقة ، أو قد توجد عليها حوامل كونيديية لفطريات متطفلة داخلياً (Capstick et al, 1957) .

وقد تستعمل طرق أخرى لدراسة وعزل هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا ، مثل طمر قطع من السيلوفان فى التربة لفترة ما ، وعند ازلتها وفحصها ميكروسكوبياً قد يشاهد عليها بعض النيماتودا المصابة بأحد الفطريات الممرضة (Tribe, 1957) .

ولقد تتبع (Cooke (1961) نشاط الفطريات المتطفلة خارجياً على النيماتودا الحرة المتجولة فى التربة ؛ وذلك بطمر شرائح زجاجية مغطاة بطبقة رقيقة من بيئة اجار دقيق الذرة فى التربة ، وإزالتها على فترات متباعدة وفحصها ميكروسكوبياً . ولقد أمكن مشاهدة نيماتودا مصابة ببعض الفطريات المتطفلة عليها .

وقد يمكن العثور على الفطريات المتطفلة داخلياً على النيماتودا ؛ عن طريق اتباع طريقة نثر التربة على سطح الاجار soil sprinkling technique ، ولكن لما كانت هذه الفطريات سريعة فى إصابتها للعوائل النيماتودية، فإن فرصة مشاهدتها تكون أقل بالمقارنة بالفطريات المتطفلة خارجياً ، ذات الميسليوم الذى يحمل المصابد المختلفة .

ومن ناحية أخرى ، أمكن عزل الفطريات المتطفلة داخلياً على النيماتودا عن الفطريات ذات التطفل الخارجى بواسطة اتباع طريقة الطرد المركزى المفرق differential centrifugation ، الذى يعتمد على أن جراثيم الفطريات المتطفلة خارجياً أكبر من جراثيم الفطريات ذات التطفل الداخلى (Barron, 1969) .

وفى دراسة أخرى (Giuna & Cooke, 1972) أمكن زيادة كثافة الفطريات المتطفلة داخلياً على النيماتودا endozoic fungi ؛ عن طريق السماح للنيماتودا المصابة بها الى الهجرة من خلال مرشح من الألياف السيليلوزية tissue-paper .

واستعمل في الفصل طريقة قمع بيرمان Baermann funnel technique ؛ حيث توضع التربة المشبعة بالماء في قمع الترشيح بعد الطرد المركزي . ويتركز وجود النيماتودا المصابة على النسيج الورقي ؛ حيث تنقل إلى بيئة اجار دقيق الذرة ، وتحضن لفترة حتى تظهر حوامل الفطر الممرض أو هيفاته .

كما يمكن عن طريق الفحص الميكروسكوبي المباشر البحث عن ابيات النيماتودا المكونة للحوصلات والمصابة بأحد الفطريات المتطفلة ؛ حيث تتركز هذه النيماتودا عادة - على جذور بعض العوائل النباتية المناسبة . وفي بعض الأحيان يمكن عزل حويصلات النيماتودا من التربة بطريقة مباشرة عن طريق استخدام مناخل ذات فتحات معينة .

وتعزل الفطريات التي تهاجم بيض النيماتودا باستعمال بيئة الاجار المائي في المعمل. وبعد فترة من التحضين ، تظهر هيفات الفطر وحامله الجرثومية ، ثم يعزل الفطر وينقى ، وبعد ذلك يُعرف (Dackman et al. 1992)

ثامناً : توزيع وانتشار الفطريات المتطفلة على النيماتودا :

ينتشر وجود هذه الفطريات في جميع أنحاء العالم ؛ من خط الاستواء حتى القطبين. ويبدو أنه لا توجد فروق معينة في توزيع وانتشار الأنواع المختلفة من هذه الفطريات في التربة وعلى المواد العضوية المتحللة باختلاف الظروف الجوية والبيئية المحيطة بها .

ولقد درس (Gray 1983) ١٦١ عينة مختلفة من التربة والمواد العضوية المتحللة من أيرلندا ، 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 التي تمت دراستها .

وكانت أكبر نسبة من هذه الفطريات المتطفلة موجودة في تربة الغابات المخروطية (٩٠% من العينات) ، بينما كانت أقل نسبة (٥٠%) في التربة المأخوذة من المناطق العشبية . كما اختلفت أنواع هذه الفطريات من منطقة إلى أخرى .

وتوضح نتائج الدراسة السابقة (Gray, 1983) ان نسبة الفطريات المتطفلة داخلية على النيوماتودا كانت موزعة على النحو التالي : الانواع التابعة للجنس *Myzocyium* بنسبة ٩,٣% ، والفطر *Vorticillium batanoides* بنسبة ٦,٨% ، والفطر *Harposporium anguillulae* بنسبة ٦,٢% .

وكانت أكثر الفطريات الخارجية التطفل شيوعا فى هذه الدراسة الفطر *Monacrosporium hembicodes* 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 الغيب . وعلى الرغم من ذلك ، يعتبر هذا الفطر من أكثر الفطريات المتطفلة خارجيا على النيوماتودا انتشارا فى تربة المناطق المعتدلة .

وفى دراسة أخرى متقدمة (Gray, 1985) تمت دراسة ٢٠٦ عينة تربة فى أيرلندا ، تم دراسة الفطريات المتطفلة على النيوماتودا 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 النيوماتودا الحرة (مثل الأجناس : *Drechmeria* ، و *Harposporium* ، و *Myzocyium*) وجدت فى عينات التربة ذات المحتوى المائى العالى وذات رقم الحموضة المنخفضة ، وخاصة عند توفر المادة العضوية بها . وفى مثل هذه الظروف يزداد عدد أفراد العشائر النيوماتودية التى تتناسب تطفل هذه الفطريات عليها .

ويعتبر رقم حموضة التربة هو العامل المحدد لوجود الفطريات المتطفلة خارجيا على النيوماتودا 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 مصاندها الفطرية المختلفة تبعا للظروف البيئية المحيطة بها . فى الفطريات المكونة للهيئات اللاصقة *sticky hyphae* ، وتلك المكونة للعقد اللاصقة

والفروع اللاصقة .. وجد أن تكوينها لا يرتبط برطوبة التربة أو محتواها من المواد العضوية ؛ بعكس الحال في الفطريات التي تكون الشبائك اللاصقة والحلقات المنقبضة ؛ فإنها ترتبط معنويا برطوبة التربة وزيادة المادة العضوية .

ومن ناحية أخرى ، درس (Gray & Bailey 1985) التوزيع الراسي للفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة المتجولة في تربة منطقة غابات الأشجار دائمة الخضرة ؛ حيث وجدت النيماتودا حتى عمق ٣٥ سنتيمترا ؛ وازدادت أعداد وأنواع هذه النيماتودا في المنطقة السطحية من التربة المتميزة بمحتواها العالي من الدبال .

وتميزت الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة في 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 ، التي 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 للشبائك الهيفية اللاصقة . ويقل وجود مثل هذه الفطريات في الطبقة السطحية من التربة .

ولقد درس (Aven & Lysek 1986) توزيع هذه الفطريات في الأراضي الخفيفة التي تنمو فيها أشجار الخوخ في ألمانيا ؛ حيث تم عزل عديد من أنواع الفطريات ذات النطفل الداخلى على النيماتودا الحرة ، وخاصة في 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 التي تم عزلها كانت تنبع الجنس *Myzocyttum* الذى يكون جراثيم سباحة 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 التي تتغذى على البكتيريا وهيفات الفطريات والمواد العضوية فى مثل هذه البيئة .

ولقد استعمل Cooke في أبحاثه العديدة (أعوام ١٩٦٢ و ١٩٦٣ و ب و ١٩٦٤ و ١٩٦٨) طريقة قطع الأجار المصبوبة The buried agar disc technique لدراسة نشاط الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماطودا ، والتي تزداد بعد إضافة المادة العضوية إلى التربة . ولقد تم تقدير أعداد العشائر النيماطودية في التربة عن طريق فصلها باستعمال " قمع بيرمان Baermann funnel " .

وفي دراسة أخرى (Cooke, 1962 a) ، أضيفت ثلاثة جرامات سكروز إلى ٢٥٠ جرام تربة ؛ فإدى ذلك إلى زيادة نشاط الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماطودا الحرة زيادة تدريجية ، وصلت إلى أقصى نشاط لها في النمو بعد أربعة أسابيع ، ثم انخفض نشاطها - بعد ذلك - حيث وصل إلى أدنى مستوى لها بعد اثني عشر اسبوعا .

وفي نفس الدراسة السابقة ، أظهرت العشيرة النيماطودية نفس السلوك السابق الذي أظهرته الفطريات المتطفلة ؛ فلقد زادت أعداد النيماطودا إلى أعلى مستوى لها بعد خمسة أسابيع من إضافة السكر ؛ حيث وصل عددها إلى ١٥ ضعف العدد الأصلي في أول الدراسة ، ثم انخفض عدد هذه النيماطودا إلى أدنى مستوى بعد سبعة أسابيع .

وقدر نشاط الفطريات المتطفلة على النيماطودا خلال هذه التجربة ؛ حيث لوحظ أن الفطريات المكونة للمصائد الشبكية اللاصقة adhesive reticulate traps (مثل : *Trichothecium* ، و *Drechmeria psychrophila* ، و *Athrobotrys oligospora* *cytosporium*) كانت سائدة خلال الفترة المحصورة بين أسبوعين إلى ستة أسابيع من بداية التجربة . وبعد هذه الفترة - خاصة خلال الأسابيع من الخامس إلى الحادي عشر - كانت الفطريات السائدة هي تلك المكونة للتفرعات القصيرة اللاصقة short adhesive branches ؛ مثال ذلك الفطر *Monacospodium cionopagum* .

وفي تجربة أخرى ، أضيفت كميات مختلفة من السكروز إلى التربة ؛ تتراوح بين جرام واحد وثلاثة جرامات ؛ مما أدى إلى زيادة نشاط الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماطودا 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 النيماطودية زيادة معنوية ، واستمرت هذه الزيادة لمدة أطول من سبعة أسابيع ، وهي مدة التجربة .

ومن ناحية أخرى ، أجريت تجارب أخرى مشابهة ؛ وذلك باستعمال مشور الكرنوب كميات تتراوح بين ٥ جرامات و ٢٠ جراما لكل ٢٥٠ جراما تربة ؛ وذلك كمادة محسنة للتربة (Cooke . 1962b) . ولقد أظهرت نتائج هذه الدراسة زيادة أعداد العشاير النيماتودية الموجودة في 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 نسبياً ؛ وذلك راجع إلى انخفاض نشاط الفطريات المتطفلة خارجيًا إلى أدنى حدٍ ؛ وعلى ذلك فإنه لا يوجد ارتباط بسيط بين مستوى عشيرة النيماتودية ونشاط الفطريات المتطفلة عليها .

وفي بعض الحالات ، تتعاون عديد من الكائنات الحية الدقيقة في مهاجمة النيماتودا ؛ فعلى سبيل المثال ، يستوطن ماء الصرف الصحي عدبٌ من البكتيريا والفطريات والحيوانات السوطية والهدبية الأولية البسيطة ، بالإضافة إلى النيماتودا التي تتعرض لهجوم هذه الأحياء الدقيقة خاصة الفطريات ؛ مثل الفطر *Gatenaria anguillulae* الذى يكون جراثيم هديبية تسبح في الوسط المائى ، وأيضاً الفطر *Drechmeria coniospora* الذى يكوّن جراثيم كونيدية .

وعند اختبار عينة من ماء الصرف تحتوى على جراثيم الفطرين السابقين فى المعمل على النيماتودا ، وجد أن العشيرة النيماتودية قد قضى عليها خلال ٢٠ - ٣٠ يوماً . وأيضاً اختبر الفطر *anguillulae* () على عشيرة من النيماتودا كثافتها ١٨٥ فرداً لكل مليلتر ؛ حيث استطاع الفطر السابق القضاء عليها خلال أيام قليلة (Gray , 1985) .

تاسعاً : الخصائص البيئية للفطريات المتطفلة على النيماتودا :

تشير عديد من الدراسات البيئية إلى أن الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا الحرة المتجولة في التربة وعلى المواد العضوية المتحللة - التى تكوّن شباكاً لاصقة adhesive networks - تكون سائدة في المراحل المبكرة من نمو الفطريات

على بيئة الأجار المائي ، وتكون أول الفطريات التي تنمو في 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 ؛ وبالتالي تزداد قدرتها على منافسة كائنات التربة الدقيقة الأخرى ؛ وذلك يعني أن هذه الفطريات ذات قدرة ترميمية 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 : يمثلمها الفطر *Arthrobotrys oligospora*

تتميز هذه المجموعة بأنها تضم فطريات سريعة النمو ، ولكنها ليست فعالة في خفض عدد أفراد العشائر النيماتودية في الطبيعة .

ومن المثير للانتباه أنه لوحظ أن بعض أنواع الجنس *Arthrobotrys* تلتف هيئاتها حول هيئات بعض فطريات التربة الممرضة للنبات ؛ مثال ذلك : الفطر *Rhizoctonia* ؛ مما يسبب انهيار هيئات الفطر الأخير وتحللها (أبحاث Persson et al., 1985) . ويدل ذلك على أن الفطر *Arthrobotrys* لا ينحصر نشاطه البيئي في مهاجمة النيماتودا الحرة فقط ، ولكن يمتد نشاطه التطفلي إلى مهاجمة بعض فطريات التربة الأخرى ؛ حيث يتطفل عليها (mycoparasitism) .

المجموعة الثانية : يمثلمها الفطر *Dactylaria candida* والفطر *Monocrosporium gracilis* و *Monocrosporium cionopagum*

تتميز هذه المجموعة بأنها تضم فطريات بطيئة النمو ، وضعيفة الترميم ، ولكنها فعالة في تطفلها على النيماتودا الحرة ، حيث تخفض عدد أفراد عشائرها في التربة . ولقد أطلق على أفراد هذه المجموعة اسم " الفطريات المفترسة Predacious fungi " .

**المجموعة الثالثة : تتكون من الفطريات الداخلية المتطفل ؛ ومثال ذلك
الفطر *Drechmeria coniospora* ، والفطر
: *Harposporium anguillulae***

وتتميز هذه المجموعة بأن فطرياتها بطيئة النمو ، إجبارية التطفل على النيما تودا الحرة ، ولا توجد هذه الفطريات نامية في الطبيعة بعيدا عن عوائلها النيما تودية ، وليس لهذه الفطريات نشاط ما في البيئة الخالية من النيما تودا .

وتختلف المجموعات الثلاث السابقة من الفطريات المتطفلة على النيما تودا فيما بينها في قدرتها على جذب النيما تودا إليها . ولدراسة ذلك استخدم الباحثان Jansson & Nordbring-Hertz في بحثهما المنشور عام ١٩٧٩ أقراص من الاجار ، بعضها يحتوى على فطريات متطفلة على النيما تودا ، والبعض الآخر يحتوى على فطريات لا تتطفل عليها . ثم وضعت هذه الأقراص في جهتين متقابلتين في طبق بترى يحتوى على بيئة اجار دقيق الذرة المخففة ، بينما وضعت أقراص أخرى من الاجار الخالي من النموات الفطرية للمقارنة . وفي مركز الطبق البترى تم وضع معلق مائى يحتوى على بعض أفراد من النيما تودا الحرة ، وتمت مراقبة حركة النيما تودا إلى أقراص الاجار السابقة وذلك كل ٦ ساعات .

وأوضحت النتائج التي تم الحصول عليها أن أكثر الفطريات جاذبية للنيما تودا هو الفطر *Harposporium anguillulae* التابع للمجموعة الثالثة ، يليه الفطر *Monacrosporium ellipsosporum* التابع للمجموعة الثانية ، ثم الفطر *Arthrobotrys superba* التابع للمجموعة الأولى .

وتختلف الوسائل التي تلجأ إليها الفطريات المتطفلة على النيما تودا التابعة للمجاميع السابقة في جذب ضحاياها من النيما تودا . ففي حالات عديدة توفر هذه الفطريات مصدرا غذائيا للنيما تودا المتغذية على الفطريات ، كما أن هناك دلائل على أن الأعضاء الفطرية الصائدة trapping organs نفسها توفر مزيدا من عوامل الجذب لهذه النيما تودا (Jansson, 1982) .

وتدل عديد من الدراسات الحديثة على أن هناك حوارا - على درجة عالية من التطور والتعقيد - بين كل من الفطريات المتطفلة على النيما تودا وفرانسها من النيما تودا الحرة المتجولة حولها . فعلى سبيل المثال ، يعمل وجود أفراد النيما تودا حول

هيفات الفطر على تشجيع الفطر لتكوين مصاندها المختلفة، محولا سلوكه العدائي من الترمم إلى التطفل .

واهتم كثير من الباحثين بدراسة العوامل الكيماوية التي تنبه الفطر لتكوين مصانده؛ حيث اكتشف (Nordbring-Hertz (1973 أن هذه المواد عبارة عن ببتيدات بسيطة .

بينما أوضحت دراسات أخرى أن هذه المواد قد تكون لآكتينيات lectins (بروتينات سكرية متخصصة) . ومازال الت هذا المواد تحتاج الى مزيد من الدراسة ؛ للكشف عن تركيبها ودورها في جذب النيماتودا الحرة إلى شرك الفطر الخادعة ، وايضا في تحول السلوك الغذائي لمثل هذه الفطريات .

ومن ناحية أخرى ، وجد أن ميسليوم الفطر المتطفل *A. oligospora* يفرز توكسينا في فرائسة النيماتودية nematotoxin يجعلها عاجزة عن الحركة . ولقد اختبرت قدرة هذا الفطر على إفراز هذا التوكسين ؛ وذلك عن طريق ترشيع البيئة السائلة التي ينمو عليها الفطر المتطفل في 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 النامي في وجود النيماتودا .

جدول (٨ - ٣) : المجاميع البنية للفطريات المتطفلة على النيماتودا
عن (Persson et al., 1985) .

الصفات	الفطريات المتطفلة خارجيا	
	المجموعة الأولى	المجموعة الثانية
أعضاء المصائد	الشباك اللاصقة يتم تكوينها عند وجود العوائل النيماتودية أو بواسطة الحث الكيماوي .	عقد لاصقة ، فروع هيفية لاصقة ، حلقات منقبضة ، حلقات غير منقبضة .
طريقة النمو	سريعة النمو ذات قدرة ترممية عالية ، ضعيفة في خفض عدد أفراد العشيرة النيماتودية .	بطيئة النمو نسبيا ذات قدرة ترممية ضعيفة ، فعالة في خفض عدد أفراد العشيرة النيماتودية .
أمثلة	أنواع من الجنس <i>Arthrobotryx</i> مثل <i>A. oligospora</i> و <i>A. conoides</i>	<i>Dactylaria candida</i> و <i>Monacrosporium cionopagum</i> و <i>D. gracilis</i>
		<i>Drechmeria coniospora</i> و <i>Harposporium anguillulae</i>

ويعتبر ميسليوم الفطريات الداخلية التطفل - مثل الفطر *Harposporium anguillulae* ، و الفطر *Drechmeria coniospora* - شديد الجاذبية للنيما تودا الحرة المتحولة في التربة وعلى المادة العضوية . ولقد أظهرت أبحاث أخرى أن جراثيم الأنواع الفطرية التابعة للجنس *Drechmeria* تجذب هي أيضا هذه النيما تودا الحرة (Jansson, 1982) .

وتتجذب النيما تودا - عادة - للتغذية بالقرب من هيفات الفطر *Harposporium* . ومن المحتمل أن تتغذى هذه النيما تودا على فرائس الفطر السابق بعد تحليلها ، ويؤدي ذلك إلى ابتلاعها لكونيديات الفطر الممرض ؛ مما يجعلها تصاب به بسبب وجود هذه الجراثيم في قنواتها الهضمية .

وعند وجود النيما تودا ، تنتبه كونيديات الفطر *Drechmeria* مكونة براعم اللاصقة تتكون عند طرفها الدقيق . ولقد وجد أن النيما تودا التي تتغذى على المستعمرات البكتيرية (مثل نيما تودا *Panagrellus redivivus*) تتجذب إليها هذه البراعم اللاصقة في منطقة حول الفم ، وهي المنطقة التي توجد بها المستقبيلات الكيميائية chemoreception . وهناك دلائل على أن بعض الكربوهيدرات تتركز في هذه المناطق؛ مما يؤدي إلى مهاجمة البراعم اللاصقة عن طريق ارتباطها باللاكتينات lectins الموجودة على جليد النيما تودا (Jansson & Nordbring-Hertz, 1983,1984) ثم تبدأ هذه البراعم في الإنبات واختراق جليد النيما تودا .

وتهاجم كونيديات الفطر *Nematotoxus* منطقة الرأس للنيما تودا *Aphelenchus avenae* التي تتغذى على الفطريات ؛ حيث تفرز هذه الكونيديات - عند إنباتها على سطح العوائل النيما تودية - توكسينات ضارة بالنيما تودا nematotoxins ، وهي فعالة حتى في التركيزات المنخفضة ؛ بحيث تؤدي إلى شلل ضحاياها .

وقد يؤدي تلامس جسم النيما تودا مع كونيدة واحدة من هذا الفطر إلى شلل حركة الفريسة لفترة كافية لإنبات الكونيدة وتكوين هيفا قصيرة تخترق جليد الضحية (Giuina & Cooke 1971) .

ويظهر الفحص الدقيق لجسم النيما تودا 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 في جسم الفريسة ؛ حتى يستأثر الفطر المتطفل بفريسته ، دون أن ينازعه فيها أحد .

وتتكون على هيفات الفطر *Nematocotmus* ذات الروابط الكلابية حوامل كونيديية 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 التي تكون أجسامها الثمرية على الخشب المتعفن . ويعتقد أن تطفل هذا الفطر على النيماتودا يتيح له فرصة الحصول على مصدر نتروجيني جيد يسد احتياجاته 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 كاسية الشكل ، والقمية كروية ذات أشواك مجوفة تحيط بها وتساعد 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 فرانسه (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 .

وتتمو هيفات الفطر الدقيقة لفطر عيش الغراب المحارى منجذبة كيميائيا إلى فتحة الفم فى النيماتودا وتخترقه ، ثم تنمو داخل جسم النيماتودا ؛ محللة أعضائها ومستفيدة من محتوياتها وخاصة البروتينية (Barron & Thorn, 1987) .

ومن ناحية أخرى ، تختلف كيفية بقاء الفطريات المتطفلة على النيماتودا فى التربة خلال الظروف السبية . 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 *Arthrotrypis* - 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 المتطفل 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 بالمقد Knob-like traps للفطر *Dactylaria candida* أن هذه المصائد تظل متعلقة بجليد النيماتودا كأعضاء ساكنة ، حتى بعد انفصالها من هيفات الفطر المتطفل ، وتسنم النيماتودا متحركة من مكان لآخر ؛ حتى تتشظ 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 وأيضاً 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 ، وأيضاً 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 مالوفة ، مثل شكل عظمة الكتف في الإنسان ، أو شكل الحذاء ذى الكعب العالي .

ويعتبر الحجم المتوسط لهذه الكونيديات هو المثالي ، بحيث لا تكون كبيرة بدرجة يصعب انتشارها ، ولا صغيرة بدرجة لا تجعلها تحمل غذاء كافيا يحفظ حياتها حتى تجد فريستها من النيमतودا الحرة . ويلاحظ أن كونيديات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيमतودا 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 النيमतودا الحرة بأنها تحتاج إلى كمية كبيرة من الغذاء المدخر يكفى احتياجاتها بداية من الإنبات حتى تكوين نموات هيفية تحمل مصائد لقنص النيमतودا . 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 النيमतودا تنبت مكونة عضوا واحدا على الأقل لاصطياد فرانسها ؛ 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 النيमतودا الحرة بجوارها ، فإما أن تلتصق بجليدها ، وإما أن تتبعلها هذه النيमतودا مع المواد العضوية وتمر خلال قناتها الهضمية .

وعند إنبات هذه الكونيديات ، تعمل هيفات العدوى على اختراق جسم النيماتودا ، سواء من الجلد في حالة الإصابة الخارجية ، أم من منطقة القناة الهضمية في الإصابة الداخلية ؛ وعلى ذلك فإن الطاقة التي تحتاج إليها هذه الجراثيم لأحداث العدوى تكون محدودة ؛ لذلك نجد أن هذه الجراثيم تكون - عادة - صغيرة الحجم .

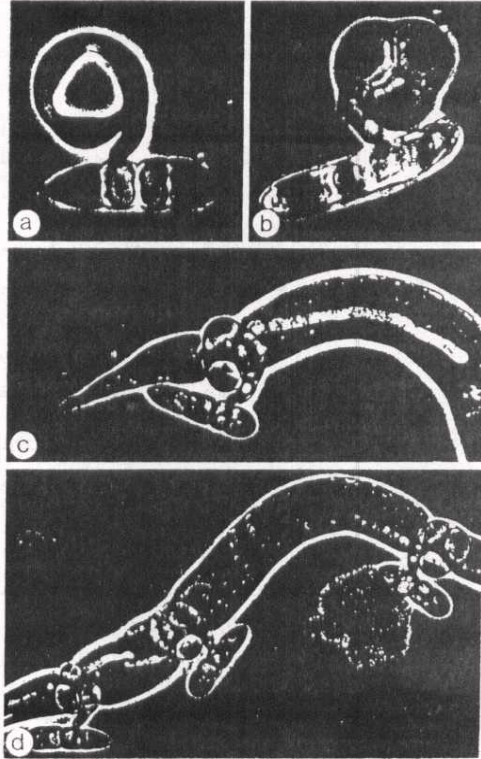
ويصل قطر كونيديات الفطريات الداخلية التطفل إلى أقل من 3 ميكرونات ؛ ففى الفطر *Verticillium sphacrosporum* يتراوح قطر الكونيديات بين ميكرونيين وثلاثة ميكرونات ، وفى الفطر *Plesiospora globosa* يبلغ قطر الكونيدة ميكرونيين . وقد يصل قطر الكونيدة إلى أصغر من ذلك ؛ حيث قد يصل قطرها إلى حوالى 1,3 ميكرونا ؛ كما فى الفطر *Paecilomyces coccospora* .

وتهاجم بعض كونيديات الفطريات الداخلية التطفل فرانسها من النيماتودا الحرة عن طريق ابتلاعها واستقرارها فى التجويف الفمى ؛ مثال ذلك كونيديات الفطر *Harposporium diceraeum* (أبعاد الكونيديات 3,5 - 1 x 4 - 1,5 ميكرونا) ، والفطر *H. sicyodes* (أبعاد الكونيديات 3 - 0,9 x 5 - 1,2 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 ، والحلزوني ، 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 8 - 16) .

وتأخذ كونيديات الفطريات الداخلية التطفل - التى تتعلق بعضلات مرئ النيماتودا - شكلا هلاليا أو حلزونيا ، ويكون لهذه الكونيدات نهاية مدببة تساعدها على التعلق بالأياف 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 باعطاء حلقة

ضاغطة مباشرة .

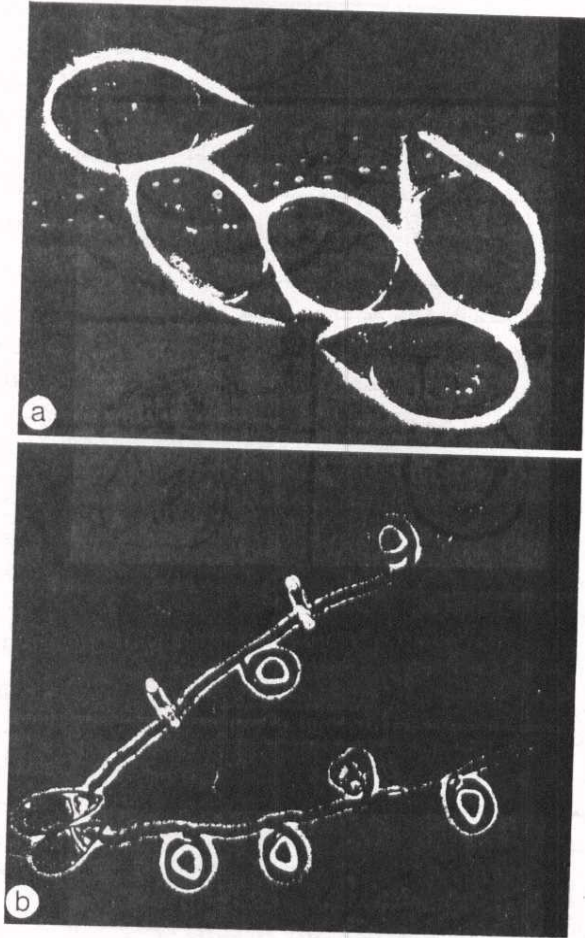
a = حلقة مفتوحة .

b = حلقة مغلقة .

c, d = هيفات العدوى infection hyphae للفطر تنمو داخل جسم العائل

النيماطودي. وتظهر الخلايا الثلاث للحلقة بوضوح ؛ لأن قوة الضغط

على جسم النيماطودا أدى إلى تمزق جسمها .



شكل (٨ - ٢٦) : الفطر *Arthrobotrys anchonia* .

a = كونيديات الفطر .

b = كونيديات نابئة في وجود النيماتودا ؛ حيث تتكون حلقات ضاغطة على

هيفات الفطر .

وقد يحمل الحامل الكونيدى كونيذة واحدة على قمته ، بينما تحمل حوامل كونيديية أخرى قليلا من الكونيديات . وفى بعض الفطريات تحمل حواملها عديد من الكونيديات المتجمعة على قمته . ويعتبر الفطر *Arthrotrrys oligospora* أكثر الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيماتودا وفرةً فى تكوين الكونيديات . ويتميز الحامل الكونيدى فى هذا الفطر بأنه كاذب المحور ؛ حيث تنتهى قمته بتكوين عقود من الكونيديات ، ثم يستكمل الحامل نموه مرةً أخرى حاملاً مزيداً من الكونيديات (شكل ٨ - ٧ - a) .

وفى الفطريات المتطفلة داخليًا على النيماتودا ، تنتج الكونيديات - عادةً - فى مادة هلامية لزجة ، وقد تنتشر هذه الكونيديات عن طريق طرشة الماء ، وكذلك عن طريق حملها على جسم بعض حيوانات التربة الدقيقة كالحلم . وترتفع الحوامل الكونيدية مسافة قصيرةً نسبيًا عن مستوى المادة العضوية التى توجد بها هذه 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 التى يوجد بها الفطر ؛ حيث إن ارتفاعها عن البيئة العضوية يبعدها عن فعل كائنات التربة التى تهاجم هذه الكونيديات وتتغذى عليها ؛ مثال ذلك : الحلم، ومفصليات الأرجل ، والبروتوزوا ، والنيماتودا المتغذية على الفطريات ، وغير ذلك من الكائنات الحية الأخرى .

وكم شهدت أميبا تلتهم كونيديات الفطر *Harposporium spp.* وغيره من الفطريات الأخرى المتطفلة على النيماتودا . وهكذا فإن كثيراً من كونيديات هذه الفطريات المتطفلة تكون وجبة غذائية شهية لعدد من أحياء التربة الدقيقة ؛ مما يقلل من أعداد هذه الفطريات إلى مستوى منخفض ، وخاصةً عند غياب العوامل النيماتودية المناسبة ، والتى يؤدى وجودها إلى زيادة نمو هذه الفطريات إلى مستوى متزن حيويًا .

وعندما ترتفع هذه الكونيديات محمولة على حواملها - فوق مستوى المادة العضوية التى ينمو عليها ميسليوم الفطر - فإن ذلك يحمى هذه الكونيديات من متناول حيوانات التربة الأولية *microfauna* ، ويجعلها قادرة على إحداث العدوى للنيماتودا الحرة لأطول فترة ممكنة .

ولقد أوضحت الدراسات - التي أجريت على الفطر *Arthrosporys oligospora* وغيره من الأنواع الأخرى التابعة للفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا - انه عندما تسقط الكونيديات على سطح المادة العضوية التي تنمو عليها هيفات الفطر ، فإنها سرعان ما تتحلل وتموت بفعل أحياء التربة الدقيقة ، بينما يؤدي حملها على حواملها الكونيدية المرتفعة نسبيا الى حمايتها من ذلك .

وتكون بعض الفطريات المتطفلة على النيماتودا جراثيم جنسية sexual spores ، كما هي الحال في الفطر *Mycocythium* الذي يكون جراثيم بيضية . وفي هذا الفطر تتكون على الهيفات الفطرية جاميطات مذكرة antheridia وجاميطات مؤنثة oogonia ، تتحد معا لتكوين جراثيم بيضية سميقة الجدار thick-walled oospores . وتتكون هذه الجاميطات على نفس الثالوس الفطري ؛ لذلك يوصف مثل هذا الثالوس بأنه " متشابه homothallic thallus " .

وتعتبر الحالة السابقة نادرة الحدوث في الفطريات المتطفلة على النيماتودا ؛ حيث ان معظم هذه الفطريات لا تكون أطوارا جنسية ، ولكنها تعتمد في تكاثرها على تكوين الجراثيم اللاجنسية . وتعتبر الجراثيم الجنسية - على أية حال - وسيلة من وسائل حفظ النوع أكثر منها وسيلة للتكاثر وزيادة العدد ؛ حيث انها تتكون - عادة - بأعداد قليلة نسبيًا ، كما انها تتحمل الظروف السيئة بالمقارنة بالجراثيم اللاجنسية .

وهناك بعض التراكيب الفطرية اللاجنسية الأخرى التي تكونها عديد من الفطريات المتطفلة على النيماتودا بغرض مواجهة الظروف البيئية السيئة ؛ مثال ذلك تكوين الجراثيم الكلاميديية chlamydospores ذات الجدار السميك واللون الداكن . وتتكون هذه الجراثيم في 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 الكلاميديية " (شكل ٨ - ٢١ - c) .

وتتحرر هذه الجراثيم الكلاميديية بعد تحلل جسم العائل النيماتودي ؛ حيث تثبتت في 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 المفصليّة وarthrospores، 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 thallic 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 *Arthrotrys 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 المنير 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 تودى 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 يجرى الباحثين والدارسين بمحاولة التقيب عن الأطوار الجنسية للفطريات الأخرى المتطفلة على النيماتودا ، والتي تستطيع الصمود أمام تلك الظروف البيئية السيئة .

٣ - آلية تكوين المصائد :

تسلك هيفات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا سلوكا مترمما في البيئة التي تنمو فيها ، والتي تخلو من العوائل النيماتودية ؛ فعلى سبيل المثال عند إنباء الفطر *Dactylella hembicodes* بصورة نقية على بيئة غذائية في المعمل لا تتكون على هيفاته حلقات صائدة .

ويتغير سلوك هذه الهيفات الفطرية عند وجود العائل النيماتودي ؛ فمثلا عند إضافة قطرات من معلق مائي يحتوى على النيماتودا على هذه الهيفات الفطرية ، فإن ذلك يشجع الهيفات على تكوين الحلقات . وفي دراسة أخرى أمكن حث الهيفات على تكوين الحلقات عند إضافة مترشح معقم لبيئة غذائية سائلة كانت تنمو فيها النيماتودا . ويعنى ذلك أن وجود النيماتودا في البيئة يعمل على إفراز مركب أو مركبات تحث الفطر على تكوين أعضاء قنص النيماتودا .

ولقد تبع هذه المشاهدات دراسات أخرى ، وأوضحت أن ظهور هذه الحلقات الفطرية على الهيفات ليس مرتبطا بوجود النيماتودا وإفرازاتها فقط ، بل إن بعض المواد المفترزة أو المتكونة في 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 التي قد تؤثر فى تكوين المصائد النيماتودية على هيفات الفطريات المتطفلة خارجيا ؛ حيث وجد أن إضافة هيفات الفطر على الثلج الذائب في 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 وثاني أكسيد الكربون ؛ حيث يكونان معا كربونات أمونيوم ؛ والتي تعمل على حث هيفات الفطر على تكوين الحلقات الصائدة للنيماتودا .

وأیضا عند إضافة قطرات من محلول ١-٢٪ من كحول الإيثانول إلى النيماتودا لهيئة هذه 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 في الماء المقطر (رقم حموضة ٧,٥ - ٧,٨) إلى نموات الفطر .

ولقد اقترح الباحثان (Pramer & Stoll (1959) إطلاق المصطلح العلمى نيمين nemin للدلالة على المادة أو المواد التى تشجع الفطر على تكوين مصادده . ولقد وجد هذا المركب فى البيئة السائلة التى تنمو فيها النيماطودا *Neoplectana glaseri* : حيث شجعت هذه المادة هيفات الفطر *Arthrotrrys conoides* على تكوين شبابه الصائدة للنيماطودا .

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 النيماطودا .

وفى دراسة أخرى على الفطر *Arthrotrrys conoides* ، وجد الباحثان Wotton & Pramer (1966) أن مستخلص الخميرة يشجع هذا الفطر على تكوين أعضاء قنص النيماطودا . وعند استعمال طريقة الفصل الكروماتوجرافى لتتقبة المركبات الموجودة فى مستخلص الخميرة ، وجد أن المادة الفعالة هى الأحماض الأمينية فالين Valine وليوسين Leucine وإيسوليوسين Isoleucine . ومن هذه الأحماض الأمينية، وجد أن الفالين Valine هو أكثر الأحماض الأمينية تأثيرا على حث هيفات الفطر لتكوين أعضاء اصطياد النيماطودا .

وفى بحث آخر ، وجد (Nordbring-Hertz (1973) أن الفطر *Arthrotrrys oligospora* يمكن حثه على تكوين مصادده 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 النيماطودا فى البيئة فى الحسبان ، كما يجب مراعاة اختلاف النتائج التى يتم الحصول عليها باختلاف نوع الفطر المتطفل على النيماطودا تحت الدراسة .

فعند إنباء أحد الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماطودا باستعمال بيئة الإجار 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 الثنائي فالين - فينيل الالانين (Valine-Phenylalanine) .

وعلى العكس من ذلك ، وجد أنه عند إضافة الببتيد الثنائي السابق (فالين - فينيل الالانين) إلى بيئة الاجار المائي أو بيئة اجار دقيق الذرة المخففة بالإضافة إلى بعض الأملاح المعدنية ، أو عند استعمال بيئة الأملاح المعدنية الصناعية المضاف إليها الببتيد الثنائي السابق ، تكونت على هيفات الفطر مصائد نيماتودية بوفرة .

وتفسر المشاهدات السابقة تكوين هيفات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة المتجولة في التربة لمصاندها ، عندما ينمو الفطر محللا المركبات البروتينية العضوية التي تفرز من جسم النيماتودا ، وأيضا عند تحلل الفرائس النيماتودية .

وفي دراسة قام بها (Feder et al , 1960) استخدم خلالها فرد واحد من نيماتودا ميته مجففة تتبع النوع *Panagrellus redivivus* ، فإن ذلك حث هيفات الفطر المتطفل *Dactylella doedycoides* على تكوين مصانده ، وذلك عند وضع هذه البقايا الجافة للنيماتودا على بعد سنتيمتر واحد من هيفات الفطر ؛ وهذا يدل على أن المواد المشجعة على تكوين المصائد موجودة في جسم النيماتودا ، وتنتسب 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 في محلول يحتوي على مليون نيماتودا تستطيع أن تحث هيفات الفطر على تكوين هذه المصائد إذا تم تخفيف هذا المحلول ؛ وعلى ذلك فإن المادة المشجعة *nemin* تتركز في جسم النيماتودا نفسها كمادة أولية (EN) *endogenous nemin* .

وقد اختبرت مادة النيمين *nemin* على عديد من أنواع الجنس الفطري *Dactylella* ، ووجد أن هذه الأنواع تتباين في مدى تأثرها بالمادة المختبرة ؛ فعلى سبيل المثال أمكن حث الفطر *D. cionopaga* على تكوين مصائد نيماتودية عند تخفيف 10^{-1} من محلول النيمين (جزء واحد في المليون) ، في حين أن التركيزات الأعلى من ذلك لم تكن فعالة في فطريات أخرى ؛ مثال ذلك الفطر *D. bembicodes* الذي لم يحث حتى تركيز 10^{-1} (عشرة الآف جزء في المليون) والفطر *D. drechsleri* حتى تركيز 10^{-1} من محلول النيمين (ألف جزء في المليون) .

ولقد ساورت الشكوك بعض الباحثين في أن تكون مادة النيمين nemin هي المادة الحقيقية المسؤولة عن حث هيفات الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا الحرة لتكوين تراكيب المصائد الفطرية ، ويرجع ذلك إلى أن الفطر *D. ellipsospora* لم يستجيب لهذه المادة ، ولكنه تأثر بوجود النيماتودا الحية حول هيفاته وكون مصانده النيماتودية ، وبذلك يكون هناك عامل آخر مصدره النيماتودا الحية وليست مادة النيمين .

وفي دراسة أخرى ، وجد (Monoson et al , 1974) أن المادة التي تحث على تكوين النيمين endogenous nemin - والتي تم استخلاصها من خمسة أنواع مختلفة من النيماتودا - استطاعت حث الفطر *Monacrosporium doedycoides* على تكوين مصانده . ووجد الباحثون أن هناك اختلافات كمية في قدرة المادة المستخلصة من النيماتودا المختلفة على إثارة الفطر ودفعه لتكوين أعضاء القنص .

ومن ناحية أخرى أظهرت نتائج البحث السابق أن دراسة تخليق الحمض النووي RNA أوضحت أن مادة 6-methyl purine يرتبط بيورين 6-methyl purine يتم تثبيطها ؛ وهذا يعمل على خفض حث الفطر لتكوين مصانده 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 في سلالتين من الفطر *Arthrobotrys conoides* مرتبط بتركيز ثاني أكسيد الكربون في البيئة ؛ حيث ثبت تكوين هذه المصائد الفطرية عند تركيزات منخفضة منه . وأظهرت هذه الدراسة أن إحدى سلالتي الفطر المختبر دفعت ميسليومها إلى تكوين المصائد في الجو العادي (٠,٣ ٪ ك أ) ، بينما أظهرت السلالة الثانية أفضل معدل لتكوين هذه المصائد عندما ارتفع تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى ١٠ ٪ ؛ وقد أثر ذلك على معدل توزيع السلالات الفطرية الفعالة في اصطياد النيماتودا في الطبيعة .

وعلى الرغم من الدراسات الكثيرة السابقة ، فإن حث هيفات الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة على تكوين مصاندها لم يكن ضروريا في عديد من العزلات الفطرية المختبرة ؛ حيث تكونت هذه التركيبات الفطرية بصورة تلقائية على هيفات تلك الفطريات النامية بصورة نقيّة على بيئة الأجار في المعمل .

وفي مثل هذه الحالات السابقة ، وجد أن العامل الذي ينبه الهيفات إلى تكوين المصائد قد يكون عاملا ميكانيكيا ؛ مثال ذلك أنه عند نمو هيفات الفطر المتطفل

هيفات الفطر لزجاج الطبق - عندما يمتلئ بالموات الهيفية - يدفع هذه الهيفات لتكوين المصائد الفطرية .

ولكن هناك أبحاثا أخرى تتعارض نتائجها مع النتائج السابقة ؛ فعلى سبيل المثال وجد الباحثان (1972) Balan & Lechevalier أن تكوين هذه المصائد الفطرية فى الفطر *A. dactyloides* يمكن حثه عن طريق توفير ظروف غير مناسبة للنموات الهيفية للفطر ؛ مثل نقص الغذاء أو الجفاف .

وبعض الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا تكون حلقاتها الصائدة للنيماتودا بعد فترة قصيرة من إنبات جراثيمها ؛ بصرف النظر عن وجود النيماتودا من عدمه . فعلى سبيل المثال وجد (1960) Feder et al أن كونيديات الفطر *Dactylella doedycoides* تنتج حلقاتها الفطرية بصورة تلقائية خلال ٤٨ ساعة من إنبات جراثيمها . وكذلك تكون بعض كونيديات الفطريات المتطفلة على النيماتودا عقدا لاصقة بعد إنباتها مباشرة ، وخاصة فى الكونيديات الحساسة لتضاد الميكروبات الأخرى الموجودة حولها فى التربة .

وفى حالات أخرى وجد أن نقص العناصر الغذائية - فى البيئة التى ينمو عليها الفطر المتطفل - يدفع هيفاته إلى تكوين المصائد ؛ فعلى سبيل المثال وجد أن إنبات كونيديات الفطر *Arthrobotrys anthonia* على طبقة رقيقة من الآجار المائى أدت إلى إنبات هذه الكونيديات خلال ٢٤ ساعة ؛ منتجة هيفات تحمل ٣ - ٧ حلقات صائدة للنيماتودا ، بينما إنبات هذه الكونيديات على بيئة الآجار المغذى أدى إلى إنبات هيفات لا تحمل حلقات صائدة .

حادى عشر : استخدام الفطريات فى مكافحة الحيوية للنيماتودا:

تنتشر الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة فى الطبيعة ؛ سواء فى التربة الزراعية أم على المواد العضوية المتحللة ؛ حيث تتطفل هذه الفطريات على عديد من العوائل النيماتودية المختلفة .

ومن الطبيعى اعتبار هذه الفطريات المتطفلة عاملا هاما فى مكافحة الحيوية للنيماتودا الضارة بالنبات ، وذلك منذ ٦٠ عاما مضت حتى الآن . ولقد بدأت محاولات

استخدام هذه الفطريات المتطفلة في مكافحة النيماطودا المتطفلة على النبات في " هاواي" عن طريق (Linford 1937) الذى لاحظ أن إضافة السماد الأخضر في صورة أوراق الحشائش المقطعة يؤدي إلى تزايد أعداد النيماطودا الحرة ، ثم تتبعها زيادة في نشاط الفطريات المتطفلة عليها .

وتعمل هذه الفطريات المتطفلة على مهاجمة عشائر النيماطودا ؛ مما يؤدي إلى خفض أعدادها بدرجة كبيرة . ولا تهاجم هذه الفطريات النيماطودا الحرة فقط ، بل تهاجم أيضا النيماطودا المتطفلة على النبات ؛ مثل : *Heterodera marioni* المسببة لمرض تعقد الجذور في الأناناس .

ولقد أوضح (Linford & Yapp 1939) أن الحقن الصناعي للتربة المزروع فيها شجيرات الأناناس بالفطريات المتطفلة على النيماطودا - وخاصة الفطر *Monacrosporium ellipso sporium* - مع إضافة محسنات نمو عضوية ، أدى إلى خفض أعداد النيماطودا *H. marioni* ، وزيادة معتدلة في نمو العائل النباتي .

كما وجد (Goody et al., 1993) أنه يمكن مكافحة بعض النيماطودا الممرضة للنبات من الأجناس *Heterodera* و *Meloidogyne* حيويا تحت ظروف الصوبية أو في الحقل وذلك باستعمال بعض الفطريات مثل *Arthobotrys oligospora* و *Gliocladium roseum* و *Paeclomyces lilacinus* و *Verticillium chlamydosporium* .

وقد أجريت بعض التجارب الأخرى بواسطة باحثين آخرين لدراسة مكافحة الحيوية للنيماطودا ؛ باستعمال بعض الفطريات المتطفلة عليها (Stirling, 1988) ؛ ويرجع السبب في صعوبة الاعتماد على هذه الفطريات في مكافحة الحيوية للنيماطودا إلى ثلاثة أسباب :

- ١ - من المعروف أنه من الصعب إدخال كائن حي إلى التربة يكون غير متناقل على الحياة فيها ، وعلى مواجهة التنافس مع عشائر الكائنات الحية الأخرى الموجودة في التربة بصورة طبيعية . وتتعرض جراثيم الفطريات المتطفلة خارجيا أو داخليا على النيماطودا - عند إضافتها إلى التربة - لبعض التأثيرات المثبطة ؛ وهذا يؤدي إلى فشل هذه الجراثيم في الإنبات أو قد تتعرض أنابيب الإنبات الناتجة للتحلل (Giuna & Cooke, 1974) .

٢ - يجب أن تكون الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا قادرة على مهاجمتها في الوقت الذي تتكاثر فيه هذه النيماتودا بسرعة ؛ حتى يكون لهذه الفطريات دور فعال في الحد من تكاثرها وخفض حجم مستعمراتها .

٣ - هناك صعوبة في الاحتفاظ بالعشيرة الفطرية المتطفلة على النيماتودا بصورة نشطة وفعالة طوال مدة نمو المحصول ، ولكن يتم اللجوء إلى إضافة السماد العضوي في التربة لإطالة فترة نشاط هذه الفطريات المتطفلة ، وإن كان ذلك غير اقتصادي على مستوى الحقل .

ومن ناحية أخرى ، وجد أن بعض النيماتودا المتطفلة على النبات تقوم بالحفر داخل الأنسجة النباتية لعوائلها ؛ بحيث تكون متمخدة داخلها ، وبعبدة عن تناول الفطريات المتطفلة عليها ، اللهم إلا في الأطوار اليرقية والبالغة حرة التجوال في التربة .

ويتمتع الفطر المستخدم في مكافحة الحويوة للنيماتودا على معدل نموه السريع ، وعلى زيادة انتشاره في التربة . وعلى الرغم من ذلك فلقد اظهرت 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 في التربة التي تتنافس نمو هذه الفطريات المتطفلة - فإن ذلك يحتاج إلى مزيد من الدراسات . ومازال الوقت مبكرا للاعتماد على الفطريات المتطفلة في مكافحة الحويوة للنيماتودا الممرضة للنبات .

وعلى الرغم من هذه العلاقات الحويوة المعقدة بين النيماتودا الممرضة للنبات والفطريات المتطفلة عليها ، فإن هناك بعض الأمثلة الناجحة التي استخدمت فيها هذه الفطريات في مكافحة النيماتودا الضارة بالنبات ؛ مثال ذلك : إنتاج تحضيرات تجارية من الفطر *Arthrobotrys superba* لمكافحة نيماتودا تعقد الجذور في الطماطم (*Meloidogyne*) (Cayrol, 1983) ، كما أمكن مكافحة هذه النيماتودا حويوا باستعمال الفطر *Drechmeria coniospora* الذي يتطفل داخليا عليها (Jansson-Jeyapakash & Zuckerman, 1985) .

وبالإضافة إلى ذلك ، أمكن مكافحة النيماتودا الملوثة للكمبوست المستخدم في زراعة عيش الغراب العادي حويوا ؛ وذلك باستخدام الفطر *Arthrobotrys* النامي على

حبوب الشوفان وإضافته إلى الكومبوست عند إضافة تقاوى عيش الغراب ؛ وذلك لمكافحة نيماتودا *Ditylenchus myceliophagus* التي تتغذى على هيفات فطريات عيش الغراب (Cayrol et al, 1978) .

ومن الفطريات المتطفلة على بيض النيماتودا - المستخدمة في مكافحة الحويبة - الفطر *Dactylella oviparasitica* . ولقد وجد في تجارب الصوب أن هذا الفطر يتطفل على الكتل الصغيرة من بيض النيماتودا المنتشرة على جذور شجيرات الخوخ صنّف Lovell ، والتي تضعها نيماتودا *Meloidogyne* ؛ حيث يبلغ عدد البيض ٢٥٠ - ٤٠٠ بيضة في الكتلة الواحدة ، يتطفل عليها الفطر الممرض ويجعلها .

و يختلف عدد البيض الذي تضعه النيماتودا *Meloidogyne* في كل كتلة باختلاف العائل النباتي ؛ حيث تضع هذه النيماتودا كتلا أكبر من البيض على جذور شجيرات العنب ، يصل عدد البيض فيها إلى حوالي ١٥٠٠ بيضة في الكتلة الواحدة . ولا يستطيع الفطر المتطفل *D. oviparasitica* القضاء على جميع البيض في هذه الحالة ، بل يظل حوالي نصفه على قيد الحياة ، وبفقس عن نيماتودا ممرضة للنبات .

وعلى ذلك يلاحظ أن نفس الفطر المتطفل كان فعالا على نفس النيماتودا الممرضة للنبات على جذور شجيرات الخوخ، بينما لا يمكن الاعتماد عليه في مكافحة الحويبة لنفس النيماتودا على جذور شجيرات العنب ؛ مما يجعل الاعتماد على الفطريات المتطفلة على النيماتودا في مكافحة الحويبة غير قابل للتعميم ، بل تعتبر كل حالة توصية مستقلة .

وفي دراسة أخرى (Ali, 1994) وجد أن الفطر *Paecilomyces lilacinus* ذو تأثير مثبت على فقس بيض نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* في 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* التي تصيب القطن ، مثال ذلك الفطر *Acremonium strictum* الذي خفض عدد النيماتودا بنسبة ٧٠٪ ، والفطر *Cloridium* الذي أعطى نسبة انخفاض قدرها ٤١٪ من تعداد النيماتودا في التربة تحت ظروف الصوبة الزراعية . كما أوضحت هذه الدراسة أن إضافات

هذه الفطريات إلى التربة قبل العدوى بالنيوماتودا حقق كفاءة أكثر فى مكافحة النيوماتودا حيوياً .

وأظهرت دراسة أخرى (Ali & Barakat, 1994) إمكانية استخدام أحد فطريات التربة - وهو *Trichoderma harzianum* - فى مكافحة الحبيوية لنيوماتودا تعقد الجذور فى مصر . ولقد وجد أن إضافة هذا الفطر إلى التربة أدى إلى انخفاض تعداد نيوماتودا 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 معنوياً .

ولقد استخدم (Ali (1995) الفطر *Chaetomium spirale* كوسيلة حيوية فعالة لمكافحة النيوماتودا 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 النيوماتودا بالتربة ، وكذلك إلى تقليل معدل اختراق النيوماتودا لجذور لقطن بمعدل يتراوح بين ٩,٣ و ٢١,٠ % .

ومن ناحية أخرى تلعب ميكروبات التربة دوراً فعالاً فى تثبيط إنبات جراثيم الفطريات المتطفلة على النيوماتودا؛ 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 نيوماتودا ؛ مثال ذلك : الفطر *Arthrobotrys dactyloides* ، والفطر *A. arthrobotryoides* ، و الفطر *Dactylella ellipsospora* .

وحيث إن كثيراً من الفطريات المتطفلة على النيوماتودا لا تستطيع منافسة ميكروبات التربة الأخرى ، فإن هذه الفطريات لا تنمو مترمة إلا فى أضيق الحدود . وعادة ما تثبت جراثيم هذه الفطريات المتطفلة خارجياً على النيوماتودا ؛ مكونة مصائد على أنبوب الإنبات مباشرة ؛ متحولة من الطور الترمى إلى التطفل على نيوماتودا التربة الحرة فى قصر وقت ممكن .

ومن أمثلة الفطريات المتطفلة خارجياً على النيوماتودا - التى تكون أعضاء اصطياد نيوماتودا على أنبوب إنبات جراثيمها - الفطر *Arthrobotrys dactyloides* ؛ الذى

يكون حلقة ضاغطة واحدة على الجرثومة مباشرة ، والفطر *A. arthrotrypoides* الذي يكون أنبوب إنبات قصيرا لاصقا .

وفي فطريات أخرى - مثل *A. conoides* - تتكون أعضاء قنص النيماتودا في وجود العائل النيماتودي الذي يفرز مواد مشجعة على تكوين المصائد الفطرية ؛ وهي مادة النيمين *nemin* ؛ حيث تثبت جراثيم هذا الفطر مكونة براعم لاصقة . وفي الفطر *Dactylaria* تثبت جراثيمه عندما تلامس جليد العائل النيماتودي ؛ مكونة عقدة لاصقة من طرف الجرثومة أو من طرفيها .

ولقد درس (Cooke & Satchuthanathava (1968) مدى حساسية الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا للتثبيت بفعل فطريات التربة *mycostasis* ، حيث اختبر في هذه الدراسة ٥٠ فطرا من الفطريات المنتشرة في التربة . ولقد أظهرت النتائج أن جميع الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا - فيما عدا الفطر *Arthrotrypis musiformis* - التي تم اختبارها كانت حساسة وقابلة للتثبيت ؛ حيث اختلفت درجة التثبيت من فطر إلى آخر .

ومن ناحية أخرى ، لم يؤدّ نجاح الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماتودا في الإنبات إلى نجاحها في تكوين هيفات فطرية مترمة تعمل على تثبيت وجود الفطر المتطفل في التربة في جميع الحالات .

كما أنه من الصعب زيادة أعداد العشيرة الفطرية لمثل هذه الفطريات المتطفلة على النيماتودا خارجيا عن طريق إضافة معلق من الجراثيم في التربة الزراعية ؛ وبالتالي فإن المحاولات التي أجريت لاستخدام هذه الجراثيم في مكافحة الحويصة لم تنجح النجاح المتوقع .

وفي دراسة أخرى ، وجد (Olthof & Estey (1966) أن قدرة الفطر *Arthrotrypis oligospora* على التطفل الخارجي على النيماتودا تزداد عند إنباته في المعمل على بيئة تحتوي على دكستروز ونترات الأمونيوم . ويحدث هذا السلوك - أيضا - عند نمو هذا الفطر في 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 غذائية كافية لحث نشاط الفطريات المتطفلة

خارجيًا على النيماتودا ، بصرف النظر عن تأثير هذا السماد المباشر على العشرات النيماتودية نفسها.

وينشأ عن إضافة السماد الأخضر زيادة أعداد أحياء التربة الدقيقة بصفة عامة ؛ مثل البكتيريا التي تتغذى عليها النيماتودا الحرة ؛ فتزداد عشراتها . وتكثر الفطريات المتطفلة على النيماتودا الحرة ، وكذلك المتطفلة على النبات ؛ فيقلل ذلك من أعدادها . ويعتبر هذا الأسلوب من التوازن الطبيعي بين هذه الكائنات الحية وبعضها هو الحل المناسب لمكافحة النيماتودا الممرضة للنبات حيويًا .

ثاني عشر : التوكسينات النيماتودية Nematotoxins :

لوحظ أن بعض أفراد النيماتودا النامية في الطبيعة تكون مصابة بأحد الفطريات المتطفلة ؛ مثل الفطر *Stylopaga hadra* ؛ حيث تنمو هيفات الفطر غير المقسمة داخل جسم النيماتودا المصابة دون أن يؤدي ذلك إلى موتها موتًا سريعًا .

وكذلك الحال عند إصابة مثل هذه النيماتودا بالفطر *Gommochaete horridula* التابع لطائفة الفطريات البيضية ؛ حيث تظل النيماتودا المصابة نشيطة ، وتستمر في الحركة والتغذية على الرغم من أن هيفات الفطر تملأ أكثر من نصف فراغ الجسم ، وتموت النيماتودا بعد ذلك موتًا بطيئًا .

ويختلف الحال عند إصابة العوائل النيماتودية بأحد الفطريات الراقية المتطفلة ذات الميسليوم المقسم . فعلى سبيل المثال يصيب الفطر *Arthrobotrys oligospora* النيماتودا الحرة مسببًا موتها خلال فترة قصيرة نسبيًا من العدوى ؛ أقصر مما هو متوقع بالنسبة لمعدل نمو هيفات الفطر الممرض داخل جسم النيماتودا المصابة .

ولقد درس (1955) Shepherd مراحل اختراق الفطر *A. oligospora* لجليد النيماتودا ؛ حيث لاحظ أن الفطر يكون مئانة عدوى infection bulb (post- penetration vesicle) بعد اختراق وتد العدوى infection peg لجليد العائل النيماتودي . وتبلغ هذه المئانة أقصى حجم لها بعد حوالي ٤٥ دقيقة من بداية تكوينها .

وتتبط حركة النيماتودا المصابة بعد اختراق وتد العدوى لجليد النيماتودا مباشرة ، ثم تتوقف النيماتودا المصابة عن الحركة كلية بعد حوالي ساعة من تكوين الممص

haustorium . وتدل هذه النتائج على أن الفطريات الراقية المتطفلة على النيماطودا تفرز مواد سامة تشل بها حركة النيماطودا ثم تقتلها . سواء أثناء العدوى ، أم بعد ذلك بفترة قصيرة .

وقد درس الباحثان (Balan & Gerber (1972 حالات عدم النشاط التى تظهر على بعض الفرائس النيماطودية بعد إصابتها بالفطريات المتطفلة خارجيا ؛ مثل الفطر *Arthrotrichy dactyloides* الذى يكون حلقات ضاغطة يصطاد بها ضحاياه من النيماطودا الحرة ؛ مثل *Managrellus redivivus* .

وعند إضافة مترشح البيئة السائلة التى ينمو عليها الفطر *A. dactyloides* الى سطح بيئة الأجار التى تنمو عليها النيماطودا السابقة ، تسبب ذلك فى حدوث شلل دائم غير عكسى ، ثم موت هذه النيماطودا خلال ٢٤-٤٨ ساعة من المعاملة . وعند تحليل مكونات مترشح البيئة السابقة ، وجد أن العامل المؤثر على نشاط هذه النيماطودا هو الأمونيا .

ويعقب شلل الفريسة ، مهاجمة هيفات الفطر لجسم النيماطودا ؛ حيث شوهدت هيفات لفطر الماصة للغذاء assimilative hyphae داخل جسم النيماطودا الميتة خلال الأربع والعشرين ساعة الأولى من العدوى . ويتم انتقال بروتوبلازم هذه الهيفات الماصة للغذاء الى هيفات الفطر النامية خارج الفريسة ؛ لاستمرار النمو الميسليومى ، وتكوين الجراثيم وأعضاء قنص ضحايا جديدة .

ولقد وجد أن تركيز ٢٥٠ ميكروجرام أمونيا / مليلتر بيئة كاف لقتل نيماطودا *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 النيماطودية فى بعض الحالات ، ذلك لتداخل عوامل بيئية أخرى .

وهناك نظرية تفترض أن الحلقات الضاغطة التى تكونها بعض الفطريات المتطفلة خارجيا على النيماطودا 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 النيماطودا الحرة ، بينما تخلص مترشحات الفطر النامى منفردا من هذه المواد السامة .

وفى دراسة للفطر *A. oligospora* الذى يتطفل خارجيًا على النيماتودا *Rhabditis* يتكوّن شبك هيفية ، 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 حية فى مترشح ناتج من نيماتودا مصابة بالفطر الممرض ، أدى إلى فقد هذه النيماتودا الحية لنشاطها وإصابتها بالشلل ، وهذا يؤكد وجود مواد سامة مُقرّزة من الفطر المتطفل داخل أنسجة العائل النيماتودى المصاب به .

وتدل النتائج السابقة على أن هيفات الفطر *A. oligospora* لا تنتج توكسينا يضر بالعائل النيماتودى إذا نمت هذه الهيفات فى بيئة عادية مثل بيئة مستخلص المولت ، دون وجود النيماتودا . بينما تودى مهاجمة هيفات الفطر المعدية infective hyphae للعائل النيماتودى إلى إنتاج هذه التوكسينات .

وهناك احتمال لأن تُقرّر التركيب الفطرية المختلفة - الخاصة باقتناص النيماتودا - مواد سامة (توكسينات) تعمل على شلل الفريسة وإضعاف مقاومتها ؛ حيث إن هناك دراسات تدل على أن الشباك الفطرية اللاصقة التى تكونها بعض الأنواع التابعة للجنس *Arthrobotrys* تفرز توكسينا يؤثر على فرائسه من النيماتودا الحرة ، إلا أن ذلك مازال يحتاج إلى مزيد 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 للشبكات اللاصقة adhesive nets، والفطر *A. anchonia* المكوّن للحلقات المنقبضة constricting rings .

ولقد دلت نتائج الدراسة السابقة على أن نمو هيفات الفطريات تحت الدراسة - على بيئة أجار دقيق الذرة - لم يتأثر بوجود النيماتودا ، ولكن بعدما استكمل الفطر نموه وغطت هيفاته سطح بيئة الأجار ، 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 الطبيعية ، عندما تقبل المادة العضوية فى التربة .

وفي دراسة للباحثين (Giurma & Cooke 1971) وُجد أن بعض الفطريات تفرر توكسينات تضن بالنشاط الحيوى للنيما تودا الحرة ؛ مثال ذلك : الفطر *Nematocotomus* و *haptocladus* والفطر *N. concurrens* . فعندما تتلامس النيما تودا من النوع *Aphelenchus avenae* مع التراكيب اللاصقة للفطرين السابقين ، فإنها تفقد قدرتها على الحركة ، وتموت قبل ظهور أية علامة تدل على اختراق هيفات الفطر للجليد .

وعادة ما يظهر ذلك التأثير الضار على العائل النيما تودى خلال ٢٤ ساعة من العدوى ؛ حيث تصاب النيما تودا بالشلل . وتستمر النيما تودا 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 (Giurma et al 1973) طبيعة هذا التوكسين ؛ حيث وجد أنه ثابت حراريًا ، وهو عبارة عن سكر معقد polysaccharide . وعند تجهيز مستخلص من ميسليوم الفطر خارجى التطفل على النيما تودا ، وأيضاً مستخلص من البيئة الغذائية التى ينمو عليها ، وجد أن كلا المستخلصين له تأثير سام على نشاط النيما تودا .

ويتميز هذا التوكسين المفرز من الفطريات المتطفلة خارجيًا على النيما تودا بأنه فعال على عديد من العوائل النيما تودية ، وقد يؤثر على عديد من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى التى تنمو داخل القناة الهضمية لفرائس هذا الفطر ؛ بحيث يتبط نشاط هذه الكائنات ويستأثر هو بالتغذية على فريسته .

ولا يمكن القول إن جميع الأنواع التابعة للجنس *Nematocotomus* مفرزة للتوكسينات؛ فلا يوجد دليل على أن الفطر *N. leiosporus* ذو تأثير سام على النيما تودا الحرة التى يهاجمها .

ومن ناحية أخرى ، لوحظ أن إناث بعض أنواع النيما تودا الحاملة للبيض عندما تصل إلى مرحلة الشيخوخة فإن البيض يفقس داخل جسمها ، وتظهر يرقات النيما تودا متغذية على محتويات جسم الأم . ويظهر هذا السلوك - أيضاً - عندما تهاجم الفطريات الداخلية التطفل جسم أنثى النيما تودا حاملة 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 الحاصلة للبيض ، فلا يؤدي ذلك إلى الفقس المبكر للبيض ، ولكن يتوقف هذا البيض عن استكمال نموه ونضجه ؛ وذلك بفعل نواتج التمثيل الغذائي لهيئات الفطر المتطفل ، والذي يهاجم البيض نفسه بعد ذلك .

وباستمرار دراسة إناث النيماتودا الحاملة للبيض - والتي تُهاجم ببعض الفطريات المتطفلة - فإنه من الممكن معرفة أيّ 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 . ولكي 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 التي تشاركه بيئته ؛ مما يضمن لسه التفوق والاستمرار .

وفي الحقيقة ، فإن الفطريات لم تدخر جهداً ولم تعدم وسيلة لتحقيق التفوق على منافسيها ، ولكن اختلفت الوسائل التي اتبعتها الأنواع المختلفة من الفطريات ، بينما ظل هدفها واحداً ؛ وهو التفوق من أجل البقاء .

واستطاعت بعض الفطريات بلوغ هذا التفوق عن طريق التخصص في النمو على بعض المواد صعبة التحلل كالسيلولوز واللجنين ، أو عن طريق تحمل تركيزات عالية من ثاني أكسيد الكربون أو التركيز المنخفض من الأكسجين ، أو الإسراع من معدل النمو ، أو إنتاج بعض المواد السامة (التوكسينات Toxins) التي تثبط نمو غيرها من الكائنات الحية من حولها .

ولقد اعتمد الفطر على واحد أو أكثر من العوامل السابقة لكي يجد لنفسه موطئ قدم ، ويبقى على قيد الحياة وسط عالم من الأحياء الدقيقة المتنافسة التي تعيش في التربة يحكمها قانون الغاب ... البقاء للأقوى .

ولقد طورت مجموعة الفطريات المتطفلة على النيماتودا من نفسها ؛ لكي تضمن حصولها على احتياجاتها الغذائية بطريقتها الخاصة ؛ فهي تنتشر في كل مكان توجد فيه

النيماطودا الحرة ، التي تعتمد في تغذيتها على المواد العضوية المتحللة ومستعمرات البكتيريا و هيفات الفطريات وجراثيمها . ولقد بلغ تطور هذه الفطريات المتطفلة على النيماطودا مدها ؛ حيث وضعت لفرانسها من النيماطودا الحرة المتجولة في التربة وعلى المادة العضوية المتحللة فحاحا قاتلة . ومصائد عيقرية ؛ إذا نجت النيماطودا من احدة ، سقطت في الثانية .

فلقد وضع الفطر داخلي المتطفل جراثيمه في التربة في الطرق التي تسكلها النيماطودا ، بحيث تكون في متناولها ؛ فلا تجد هذه النيماطودا العاقلة حرجا في ابتلاع هذه الجراثيم . وتتعلق هذه الجراثيم في عضلات المرئ ، ثم تنبت مخترة جسم النيماطودا من الداخل ، محللة احشاءها ، ومتغذية على انسجتها ، ثم تموت الفريسة بعد فترة وجيزة .

وحيث إن النيماطودا تتلع 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 في القناة الهضمية للنيماطودا الميتة .

ولكن الدراسات العلمية أثبتت عكس ذلك ؛ ففي النيماطودا التي تصاب بالفطرين *Arthrotrrys* و *Harposporium* ، لوحظ أن قليلا جدًا من البكتيريا أو الفطريات هي التي تستطيع النمو داخل القناة الهضمية للنيماطودا الميتة متنافسة مع الفطريات المتطفلة داخليًا عليها .

ولقد فسر الباحثون ذلك بأن خلايا وجراثيم الفطريات والبكتيريا التي ابتلعها النيماطودا أثناء تغذيتها تأثرت بالعصارة الهضمية للنيماطودا ؛ مما أفقدها حيويتها نتيجة هضمها . بعكس الحال في جراثيم الفطريات الممرض للنيماطودا والمتطفلة داخليًا عليها؛ فهي تقاوم العصارات الهضمية ، بل وتنبت مكونة هيفات عدوى تخترق أنسجة النيماطودا وتحللها .

ومن ناحية أخرى ، فلقد أثبتت الأبحاث الحديثة أن هذه الفطريات - ذات التطفل الداخلي على النيماطودا - تفرز بعض المضادات الحيوية antibiotics ، تعمل على تثبيط نشاط الكائنات الدقيقة الأخرى الموجودة في القناة الهضمية للنيماطودا الميتة ؛ وبذلك ينفرد الفطر المتطفل بمائدته ؛ مستأثرًا بفريسته دون غيره من الأحياء الدقيقة الأخرى .