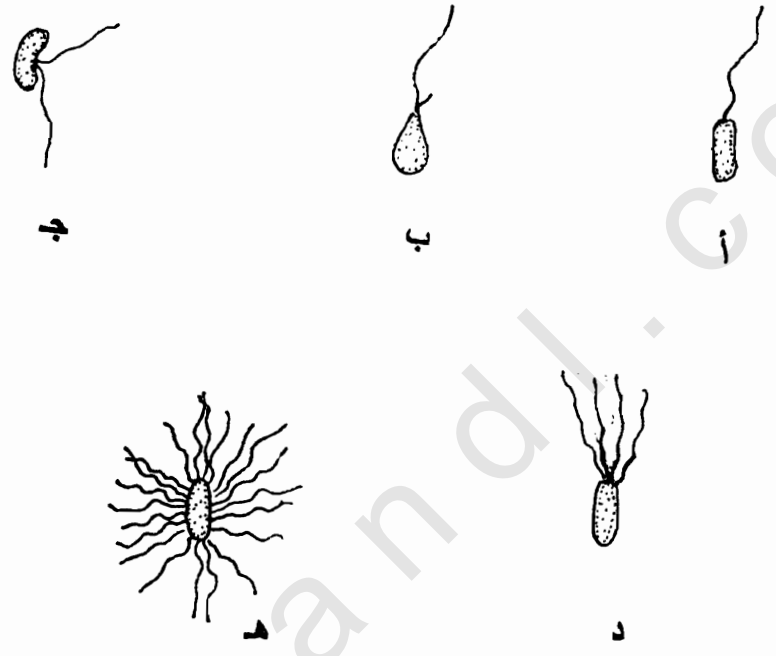
إنتقال الميكروبات

هل يكفى أن تتكاثر الميكروبات بأعداد خيالية حتى تعتبر مقاتلة ناجحة تخشاها النباتات ؟ لاشك أن التكاثر الغزير له أهميته فى نجاح الميكروب فى مجال المنافسة للحياة وفى مجال النضال ضد النباتات العائلة ، فكثرة الأعداد تعوض ضآلة الأحجام ، فالهجوم بأعداد كبيرة أنجح من الهجوم بأعداد محدودة ، والتكاثر السريع أثناء الهجوم والصراع ، يزيد من فعالية القوة المهاجمة وخاصة إذا اشترك النسل مع الآباء فى الحرب على نفس النبات .

إذا تكاثر الميكروب بغزارة وأنتج نسلا يصعب عليه الإنتقال من مكانه الذى تم غزوه وإستنفاذ ما به من غذاء ، إلى أماكن جديدة على نفس النبات أو على نباتات ملائمة أخرى ، فإن النسل الغزير يفقد أهميته ويصبح غير ذى قيمة ، فهو فى مكانه ثابت لا يتحرك ، عاجز عن الوصول إلى مواضع جديدة لمواصلة هجومه وغزوه ... غذاؤه بعيد المنال فهو لا محالة هالك . لهذا كان على النسل الميكروبى الناتج إما أن يكون مساعدا لآبائه فى الصراع ضد النبات المهاجم ، أو أن ينتقل إلى موضع آخر على نفس النبات مشتتا قوى النبات فى الدفاع ضد الميكروب المهاجم ونسله فى عدة جبهات ، أو ينتقل النسل إلى نباتات أخرى ليبدأ معها صراعا جديدا.

تتعدد وسائل إنتقال الميكروبات من مكانها ، وإنتشارها إلى أماكن جديدة . القليل منها يمتاز بقدرة على الحركة الذاتية أثناء حياته أو خلال فترة منها . هذا القليل يسبح فى السوائل وتساعده على ذلك عادة زوائد رفيعة تعرف بالأسواط تساعد الميكروب على الحركة كما تحدد له إتجاه سيره فهى تؤدى عمل الزعانف فى الأسماك والمجاديف والدفة فى القوارب . من هذه الأنواع الميكروب البكتيرى المسبب لتقرح الموالح والذى يتحرك ذاتيا بسوط واحد طرفى وذلك فى وجود قطرات من الماء على سطح النبات ، فتنتقل أفراد الميكروب من مكان تجمعها مسافات محدودة مهاجمة مناطق أخرى سليمة ، كذلك فإن ميكروب فيتوفثورا إنفستانز مسبب مرض اللفحة المتأخرة فى البطاطس والطماطم يكون فى الجو الرطب المائل للبرودة جراثيم متحركة لكل منها سوطين صغيرين على أحد جوانبها تسبح بهما جانبيا فى قطرات الماء (شكل ٣ د) ، كما أن ميكروب بلازموبارا الذى يهاجم العنب ممرضا إياه بالبياض الزغبى يكون جراثيم متحركة تشبه جراثيم

فيتوفثورا ، وأيضا فإن الميكروب المسبب لمرض الجذر الصولجانى فى الكرنب يكون جراثيم تسبح بسوطين أماميين غير متساويين فى الطول (شكل ١١) ٠



شكل ١١ : ميكروبات تسبح فى الماء

أ – ميكروب بكتيرى يتحرك بسوط واحد طرفى يسمى *Xanthomonas citri* مسبب تقرح الموالح ٠

ب – جرثومة ميكروب فطرى تتحرك بسوطين أمامين غير متساويين يسمى *Spongospora* مسبب الجرب المسحوقى فى البطاطس ٠

جـ – جرثومة ميكروب فطرى تتحرك بسوطين جانبيين ، يسمى *Phytophthora infestans* مسبب اللفحة المتأخرة فى البطاطس والطماطم ٠

د – ميكروب بكتيرى يتحرك بأسواط عديدة طرفية ، يسمى *Agrobacterium tumefaciens* مسبب مرض التدرن التاجى ٠

هـ – ميكروب بكتيرى يتحرك بأسواط عديدة موزعة على جسمه يسمى *Erwinia amylovora* مسبب اللفحة النارية فى التفاح والكمثرى ٠

obeikandl.com

هذا ، وغالبية الميكروبات لا تمتلك القدرات الذاتية على الحركة ، فهى كالكسيح تعتمد على من يحملها لينقلها ... فتستخدم الرياح متنقلة على بساطها ... وتستخدم المياه السطحية منها والجوفية ... وتتعلق بأجسام الحيوانات والطيور والحشرات ... وتنتقل محمولة على الإنسان وبضائعه مستفيدة من أحدث تقنيات المواصلات . عموما فوسائل الإنتقال للميكروبات تشبه وسائل الإنتقال الحديثة ، فقد تكون جوية أو مائية أو برية .

النقل الجوى

سبقت الميكروبات الإنسان بملايين السنين في إستخدامها لوسائل النقل الجوى في تنقلاتها . فالهواء هو بساط الريح بالنسبة للميكروبات يحملها لمسافات قريبة أو بعيدة ، وبسرعات بطيئة أو سريعة . الهواء بتياراته الصاعدة قد يحمل الميكروبات إلى إرتفاعات عالية فى طبقات الجو ، فقد وجدت ، جراثيم ميكروبات فطرية يمكنها إصابة نباتات نجيلية محدثة أصداءا بها ، على إرتفاع أربعة آلاف متر ، فوق مزرعة حبوب مصابة بالصدأ . هذه الجراثيم التى حملتها التيارات الهوائية الصاعدة ، سوف تسقط ثانية بفعل الجاذبية الأرضية ، إلا أنها تحتاج لسقوطها إلى زمن يختلف طولا حسب الوزن النوعى لتلك الجراثيم ووفقا للرطوبة الجوية . وقد وجد أن جراثيم معظم الفطريات تتساقط فى الجو بمعدل يتراوح ما بين مترين إلى ٧٥ مترا فى الساعة . وبفرض أن جراثيم الصدأ تسقط بمعدل ٤٠ مترا / ساعة فإنها ستحتاج إلى مائة ساعة للوصول إلى سطح الأرض . الجراثيم لا تسقط عادة عموديا إلى الأرض ، إذ أن تيارات الهواء تدفعها أثناء سقوطها إلى أماكن أخرى تختلف بعدا وإتجاها ، فإذا صادف أثناء سقوط جراثيم الصدأ هبوب رياح فى إتجاه معين بسرعة ثلاثين كيلومتر/ساعة فإن جراثيم الصدأ الموجودة على إرتفاع أربعة آلاف متر سوف تصل إلى الأرض بعد رحلة على الهواء فى مكان يبعد ثلاثة آلاف كيلومتر عن مكان تصاعدها . من هذا يتضح لنا أن بساط الريح قد يحمل الميكروب عبر القارات متخطيا الحواجز البرية والبحرية والسياسية .

قد يظن البعض أن تلك الأبعاد فى النقل الهوائى ما هى إلا أبعادا نظرية خيالية بعيدة عن الحقيقة وواقع الأمر . صحيح أن هناك عوامل أخرى تتدخل فى حساب رحلة النقل الجوى ، فكما أن هناك تيارات صاعدة تدفع الميكروبات إلى أعلى ،

فهناك عوامل أخرى تساعد على الهبوط السريع كسقوط الأمطار ٠ كما أن هبوب الرياح يمنع السقوط المنتظم للميكروبات من أبعادها العليا إلا إذا كانت الرياح أفقية تماما وفى إتجاه ثابت ٠لهذا أجريت إختبارات ودراسات على الجراثيم المحدثة لمرض الصدأ الأسود فى القمح لدراسة إمكانيات حدوث النقل الجوى لمسافات بعيدة٠ ففى أواخر أبريل سنة ١٩٢٣ وجد أن الفطر المسبب باكسينيا جرامينس (شكل ١٠) قد تكاثر على القمح بحالة وبائية فى شمال المكسيك وجنوب ولاية تكساس بالولايات المتحدة الأمريكية ، ولم يكن المرض قد ظهر بعد فى أية مناطق أخرى بالولايات المتحدة الأمريكية ٠ في اليوم الرابع من مايو أمكن جمع جراثيم الصدأ من شمال ولاية تكساس علي إرتفاع ٥٠٠ متر وذلك بواسطة مصائد خاصة ملحقة بالطائرات ٠ في اليوم العاشر من مايو ظهرت إصابات بالصدأ في جنوب أوكلاهوما ٠وصلت الجراثيم محمولة علي الرياح إلى ولايات كانساس وجنوب نبراكسا وجنوب إلينوى في الرابع من يونية ،ثم ظهرت إصابات للقمح في جنوب داكوتا وجنوب مينسوتا في الثاني والعشرين من يونية ٠ أخيرا وصلت الجراثيم إلى الحدود الكندية في أول يولية ٠ وبذلك تكون جراثيم هذا الميكروب قد إستغلت بساط الريح وقامت بعدة رحلات جوية في مدة تقرب من الشهرين ، قطعت خلالها ما يقرب من ثلاثة آلاف وخمسمائة كيلو متر ، مهاجمة خلالها نباتات القمح في الزراعات الممتدة من شمال المكسيك جنوبا حتي الحدود الكندية شمالا ٠

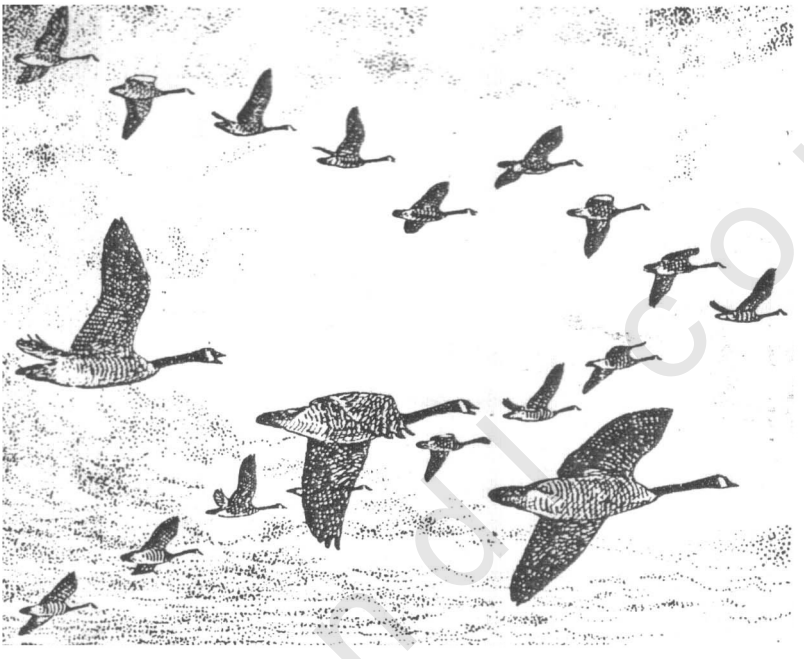
هل يكفي أن تحمل الرياح الميكروبات وتوصلها إلى النباتات العائلة حتي يبدأ الصراع بين الميكروبات والنباتات ؟ لا ، بل من الضرورى أن يصل الميكروب في حالة من الحيوية تمكنه من إحداث الهجوم ٠ تتعرض الميكروبات أثناء رحلة الهجرة هذه ، التي قد تطول زمنا و تبعد مكانا لظروف جوية قاسية من حرارة وجفاف وضوء وإشعاعات قد تقضى علي حيوية الكثير منها ، ولا يصمد فى هذه الرحلة إلا القليل ٠ لهذا كان للعدد الضخم من أفراد الميكروبات أهمية خاصة في النقل الجوى ٠ بعد هذه الرحلة الشاقة ، هل توجد ضمانات لأن تصل تلك القلة التى حافظت علي حيويتها إلى النباتات المناسبة ؟ لا ، بل إن الكثير من القليل الذى تحمل قسوة الرحلة ، يضيع بسقوطه بعيدا عن النبات المناسب ، فمنها ما يسقط فى البحار ومنها ما ينتهى به المطاف إلى أرض جرداء ومنها ما يسقط علي نباتات غير عائلة لا تستطيع مصارعتها ، والنادر من القليل الحى هو الذى تنتهى رحلته على النبات الملائم لمواصلة الكفاح ٠

لا تقتصر الميكروبات في نقلها الجوى علي إستغلال الرياح فحسب في تنقلاتها جويا من مكان إلى آخر بعدت بينهما الشقة ، ولكنها قد تتعلق بالطيور والحشرات المجنحة الطائرة لتحملها من مكان إلى آخر أثناء تجوالها وترحالها • بعض الطيور والحشرات تنقل الميكروبات من نبات إلى آخر أثناء تغذيتها ، والبعض منها ينتقل إنتقالات موسمية لمسافات طويلة ، مهاجرة من مكان إلى آخر •

النقل بالطيور : الطيور المهاجرة تقوم عادة برحلتين سنويا ، ففي نصف الكرة الأرضية الشمالى تكون رحلة الخريف إلى المشتى في الجنوب حيث الدفء والغذاء، ورحلة الربيع إلى المصيف في الشمال حيث الجو اللطيف ولقاء الحب والزواج بين الذكور والإناث • تستغل الميكروبات الطيور في هجراتها أفضل إستغلال ، فتتعلق بها فى أسفارها محمولة علي أجسامها ومن أمثل ذلك ميكروب إندوثيا بارازيتيكا (شكل ٩) ، الذى تعلق بطيور نقار الخشب (شكل ٨) في رحلتى الخريف والربيع بين غابات أبو فروة في شرق الولايات المتحدة الأمريكية • ونقار الخشب لم يكن الطائر الوحيد الذى ساهم في إنتشار الميكروب وأدى إلى مأساة أبو فروة الشهيرة (شكل٤) ، ففى سنة ١٩١٤ فحص أحد الباحثين ٣٦ طيرا من أنواع مختلفة تعيش فى تلك الغابات فوجد أن ١٩ منها كانت محملة بجراثيم هذا الميكروب • والطيور فى رحلاتها تقطع أبعادا شاسعة متخطية حواجز مائية واسعة وحواجز جبلية عالية وبسرعة طيران تتراوح فى معظم الأحوال ما بين خمسين إلى مائة وخمسين كيلو مترا فى الساعة (شكل ١٢) •

تمتاز الطيور كثيرا عن بساط الريح فى حمل الميكروبات ، ذلك أن كثير من الطيور يفضل بعض النباتات عن البعض الآخر ، فهى تفضل النباتات التي توفر لها الغذاء المناسب أو التى تتلاءم معها فى بناء أعشاشها • تلتصق الميكروبات الموجودة على النبات بأجسام الطيور وتنتقل معها من نبات إلى آخر أو تهاجر معها من منطقة إلى أخرى • تحط كثير من الطيور رحالها غالبا علي نباتات أخرى من نفس نوع النبات المنقول منه الميكروب أو أنواع أخرى قريبة منه فكأن هذه الطيور تنقل الميكروبات من الباب إلى الباب دون فقد كبير في أعدادها • ومن مميزات الطيور أيضا أنها لا ترتفع كثيرا في طبقات الجو العليا فمعظمها لا يعلو أكثر من ألف متر فوق سطح الأرض • لهذا فان تأثر الميكروبات بالعوامل الجوية في طبقات الجو العليا يقل كثيرا في حالة النقل بالطيور عنها فى حالة النقل ببساط

الريح. أيضا فإن إلتصاق الميكروبات بأجسام الطيور يحفظ تلك الميكروبات مـــن فعل كثير من العوامل الجوية الضارة .



شكل ١٢ : طيور مهاجرة ، قد تهاجر معها ميكروبات مسببة لأمراض نباتية

obeikandl.com

النقل بالحشرات : الحشرات أكثر من الطيور إلتصاقا بالنباتات • الكثير من الحشرات يختص بالمعيشة علي نباتات معينة دون غيرها • بعضها ينقل الميكروبات عرضا بإلتصاقها بجسم الحشرة ، والبعض يتخصص في عمليات نقل ميكروبات معينة فتحملها في بعض أجزاء جسمها الداخلية حيث قد تتكاثر فتزداد بذلك عددا داخل جسم الكائن الحشرى •

معظم الحشرات مجنحة تستطيع الطيران ، القليل منها قد فقد القدرة على الطيران • والحشرات المجنحة قد تقطع مسافات طويلة أثناء طيرانها ، فمنها ما يهاجر من مكان إلى آخر بحثا عن الغذاء ، أو هروبا عند تقلب الجو • فمن الحشرات المهاجرة نطاط أوراق البنجر وتختص بنقل فيروس مرض تجعد القمة فى البنجر ، هذه الحشرة يمكنها الهجرة لمسافة تتراوح ما بين ٢٥٠ إلى ٣٠٠ كيلومتر دون تغذية خلال الرحلة ، ويساعدها على ذلك إرتفاع نسبة ما تحتويه أجسامها من دهون تصل إلى ٤٠% فى بداية الرحلة ، تستهلك أثناء الرحلة فتنخفض إلى ٢% فقط عند نهاية رحلتها • ومن الحشرات المهاجرة أيضا فراشة جاوة التى تظهر بأعداد كبيرة فى مواقيت ثابتة لدرجة أن الأهالى أسموها بالحجيج ، وفى ديسمبر سنة ١٨٨٣ ظهرت الفراشة بأعداد غفيرة مما إعتقد معه أهالى جاوة بأنها أرواح آلاف السكان الذين ماتوا في أغسطس من نفس العام عقب ثورة بركان كراكاتو Krakatau ، ذلك أن كثير من أهالى جاوة يؤمنون بتناسخ الأرواح •

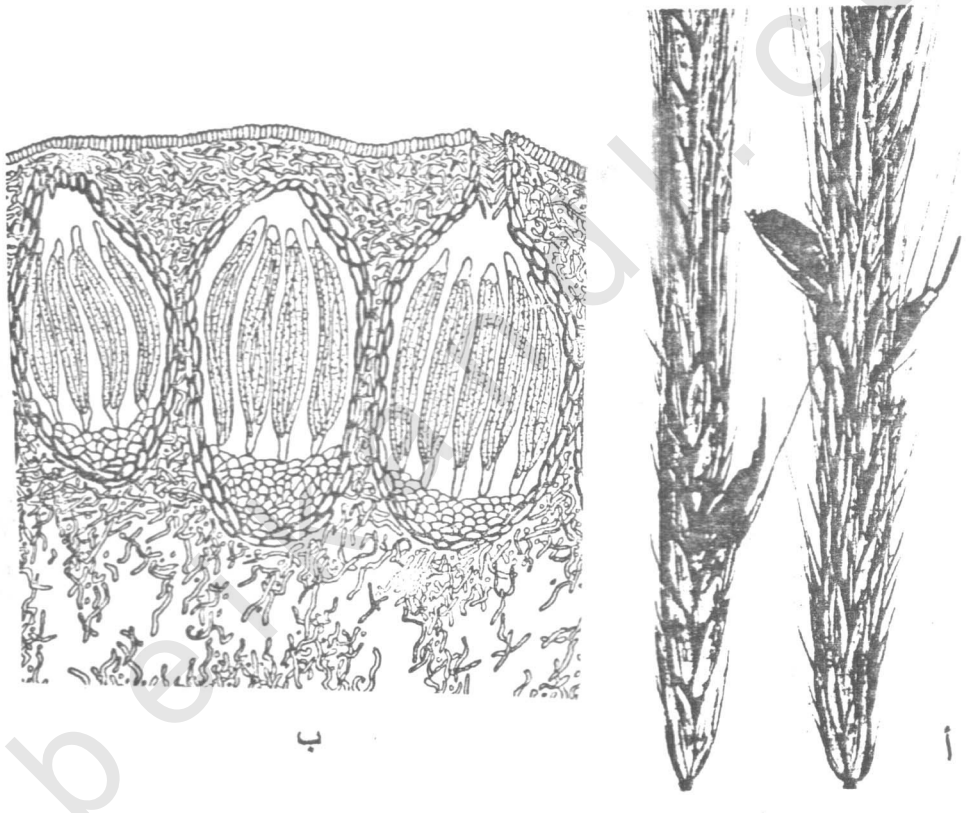
الحشرات التي تقوم بنقل الميكروبات داخليا في أجسامها ، تستخدم في ذلك طرق مختلفة • بعض تلك الحشرات ينقل الميكروبات بجهازها الهضمى ، فتدخل الميكروبات خلال فم الحشرة مع ما تتناوله من غذاء نباتى ، تمر تلك الميكروبات مرورا عابرا بالجهاز الهضمى وتخرج ثانية مع البراز ، وقد يتلوث بيض الحشرة بتلك الميكروبات • من الأمثلة علي ذلك الميكروب البكتيرى المسبب للفحه التفاح والكمثرى والذى تنقله أنواع مختلفة من الحشرات منها الذبابة المنزلية وذبابة ثمار الفاكهة المنتشرة في مصر • كذلك فان الميكروب البكتيرى المسبب لحالة العفن الطرى والذى يهاجم درنات البطاطس فيتلفها أثناء نموها بالتربة إذا زاد ماء الرى أو تساقطت الأمطار بغزارة مع سوء الصرف ، كما يصيب الدرنات فى المخزن • ينتقل هذا الميكروب نقلا داخليا فى أجسام يرقات بعض أنواع من الذباب التي تعيش يرقاتها عادة فى التربة مثل يرقة ذبابة حبوب الذرة • تجرح اليرقات سطح الدرنة أثناء تغذيتها عليها فتلوثها بالميكروب فى نفس الوقت • تعيش الميكروبات المسببة للعفن الطرى في القناة الهضمية ليرقة الذبابة وتنتقل معها من مكان إلى آخر •

تستمر الميكروبات موجودة بجسم اليرقة حين تحولها إلى حالة السكون ؛ أى عندما تكون عذراء ، وأثناءها لا يسكن الميكروب بل يتكاثر ويزداد عددا ثم يواصل الميكروب نشاطه أيضا عند التحول الأخير وظهور الذبابة المجنحة التي تطير ناقلة الميكروب من مكان إلى آخر ، وعندما تضع الأنثى بيضها تلوثه بالميكروب ويعتقد أن الحشرة تستفيد من هذا الميكروب الذى يقوم بتحليل أجزاء البطاطس النشوية في الجهاز الهضمي للحشرة ٠

في كثير من حالات النقل الحشرى نجد أن الحشرة الناقلة للميكروب لا تتغذى إلا علي نفس النوع النباتى القابل للإصابة بالميكروب المحمول ٠ وفي حالات أخرى ، كما فى حالة الميكروب الفطرى المسمى كلافيسبس *Claviceps* الذى يهاجم بعض المحاصيل النجيلية مثل الشيلم والقمح والشعير مسببا مرض الإرجوت ergot (شكل ١٣) ، نجد أن الميكروب ينبه النبات لإفراز نقط سائلة لزجة عسلية تتجمع فيها جراثيم الميكروب المسبب للمرض ٠ تجذب تلك الإفرازات العسلية أنواع كثيرة من الحشرات لتتغذى عليها فيلتصق الميكروب أو جراثيمه بأجسام تلك الحشرات ، وقد يدخل الميكروب وجراثيمه إلى قناة الحشرة الهضمية مع الغذاء العسلى ،وفى معظم الأحوال تمر الجراثيم حية إلى الخارج ٠لا يقتصر ضرر ميكروب الإرجوت على النبات المهاجم بل كثيرا ما يتعداه إلى الحيوانات والإنسان، ذلك أن الحبوب المصابة تحتوى على مادة إرجوستيرول ergosterol ومواد أخرى قريبة منها تضر بالجهاز الدورى للحيوانات والإنسان المتغذى عليها ، مسببة حالة تسمم شديدة كما تسبب حدوث حالات إجهاض للحوامل ٠

فى بعض حالات النقل الحشرى توجد علاقة وثيقة بين الميكروب والحشرة الناقلة ، ففى الميكروب البكتيرى الذى يهاجم أشجار الزيتون محدثا تورمات على سيقانه تعرف بالعقد (شكل ١٤) والذى تنقله ذبابة الزيتون المنتشرة فى بلاد حوض البحر الأبيض المتوسط ٠تعيش الميكروبات وتتكاثر فى جيوب خاصة ملحقة بالقناة الهضمية للحشرة إحداها يصب فى المرىء والباقى عند تقابل نهاية القناة الهضمية بالمهبل حيث ينتهيا سويا في فتحة واحدة ٠ يدخل الميكروب إلى جسم الحشرة عند تغذيتها على نبات مصاب وتتكاثر في جيوب القناة الهضمية ، فإذا زادت أعداد الميكروب عن سعة مسكنه تترك بعض الميكروبات المسكن إلى القناة الهضمية ومنها للخارج ٠ كذلك فإنه عند مرور بيض الحشرة للخارج فإنه يضغط على جيوب المستقيم فيخرج منها بعض الميكروبات التى تلوث البيض من الخارج وبعضها يمر إلى داخل البيض خلال فتحة خاصة بها ٠ يفقس البيض وتظهر

اليرقات وقد غزت تلك الميكروبات جهازها الهضمى • تتكاثر الميكروبات أثناء طور اليرقة ، وتقل أعدادها فى طور العذراء حيث تسكن فى إنتفاخ قريب من مخها، وعندما تتحول إلى ذبابة مجنحة تصبح الميكروبات المختزنة فى إنتفاخ المخ مصدرا لتلوث باقى الجهاز الهضمى للحشرة • وهكذا ، ينتقل الميكروب من جيل للحشرة إلى جيل آخر • عندما تضع حشرة الزيتون بيضها فإنها تحدث فى النسيج النباتى للزيتون وخزا عميقا بواسطة آلة وضع البيض ، ثم تضع البيض محملا بالميكروب فى نهاية الوخز (شكل١٣) • يصل الميكروب مع البيض إلى داخل النسيج النباتى محدثا الهجوم متعاونا فى ذلك مع يرقات الحشرة الناتجة عن البيض•



شكل ١٣ : مرض الإرجوت

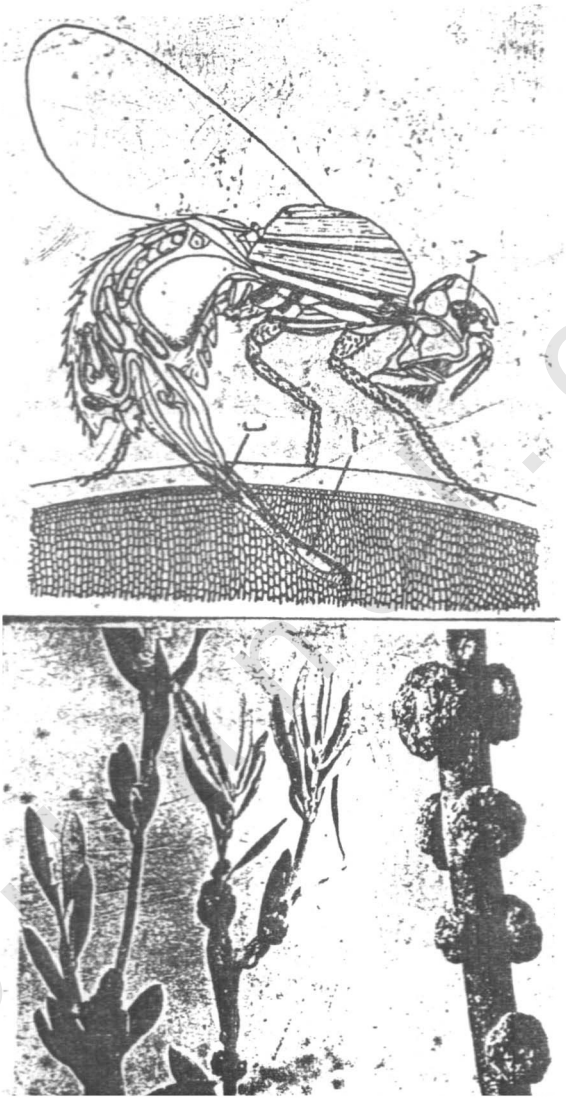
أ – سنبلتين لنبات نجيلى مصاب ، تظهر السنيبلات السامة سوداء طويلة •

ب – أجسام ثمرية للفطر كلافيسبس بها جراثيم طويلة خيطية داخل أكياس •

يعتقد العلماء أن تلك الميكروبات التى تسكن ذبابة الزيتون خلال أطوارها المختلفة هى من لزوميات النمو والتطور السليم للحشرة ، فهناك منفعة متبادلة بين الحشرة والميكروب ٠

بعض الحشرات لا يمكنها إحداث العدوى بالميكروبات بعد إنتقالها من النباتات المصابة إلى النباتات السليمة مباشرة ، فلا تصبح الحشرة معدية إلا بعد مرور فترة زمنية على وجود الميكروب بها ، بعدها تصبح الحشرة قادرة على إحداث العدوى ، تعرف تلك الفترة الزمنية بفترة الكمون ، وهى تختلف زمنا حسب الميكروب والحشرة الناقلة ٠ فى حالات الكمون يعيش الميكروب غالبا فى دم الحشرة حيث يتكاثر ، وذلك كما فى أنواع كثيرة من حشرات المن التى تمتص عصارة النبات ومنها من الخوخ الذى يتغذى على البطاطس ناقلا إليه فيروس مرض إلتفاف الأوراق ٠ حشرة من الخوخ لا تصبح معدية إلا بعد مرور أربع وعشرين ساعة على تغذيتها على عصارة نسيج بطاطس مصابة ٠ تتغذى حشرة من الخوخ بواسطة خرطوم واخز مدبب دقيق تغرسه فى النسيج النباتى ، ثم تسحب العصير النباتى خلال تجويف بالخرطوم ، فإذا كان مصابا فإن الميكروب يسحب مع العصير حيث يمر إلى القناة الهضمية ومنها يخترق جدرها إلى دم الحشرة حيث يتكاثر فيه إلى الدرجة التى تصبح معه الحشرة معدية ، عندها تنتقل بعض الميكروبات إلى غدد الحشرة اللعابية ٠ فإذا إنتقلت الحشرة إلى نبات آخر للتغذية عليه فإنها تغرس خرطومها الواخز فى نسيج النبات وترسل بعض لعابها المحتوى على الميكروب إلى النبات قبل البدء فى سحب الغذاء ، وبذلك يتم النقل الحشرى من نبات إلى نبات آخر ٠

فى حالات النقل الحشرى التى تتطلب فترة كمون نجد أن الحشرة تستمر ناقلة للفيروس لفترة طويلة من حياتها ، وعادة فإنه كلما زادت فترة الكمون كلما زادت فترة نقلها للميكروب ٠



شكل ١٤ : عقدة الزيتون

أعلى : حشرة ذبابة الزيتون أثناء وضعها البيض داخل أنسجة نبات زيتون

أ – بيض ب – جيوب المستقيم جـ – جيب المرىء

أسفل : أفرع نباتات زيتون تظهر عليها تورمات المرض ٠

النقل المائى

تحمل المياه أثناء سريانها كثيرا من جراثيم الأمراض ومختلف الميكروبات، من منطقة إلى أخرى ومن إقليم إلى آخر ٠ نهر كالدانوب يجرى في بعض دول أوروبا من ألمانيا غربا إلى البحر الأسود شرقا قاطعا مسافة ٢٨١٥ كيلومترا ، مارا خلالها بدول مختلفة منها النمسا والمجر وكرواتيا وصربيا ورومانيا ٠٠٠ بلاد مختلفة ذات طبيعة متقاربة وظروف جوية متشابهة إلى حد كبير ٠٠٠ تشابهت زراعتها ٠٠٠وتوحدت أعداء نباتاتها الميكروبية ٠ هنا تظهر خطورة النقل النهرى،إذ أن الميكروب إذا إنتقل من بلدة إلى أخرى وحافظ أثناء تلك الرحلة على حيويته فإنه حيثما يستقر فسوف يصادف نباتات عائلة له ٠ أما إذا كان مسار النهر فى مناطق متباينة الأجواء مختلفة النباتات ، وذلك كما فى حالة نهر النيل الذى تجرى مياهه من الجنوب إلى الشمال فمياهه تتنقل فى بيئات مختلفة تختلف فيها الزراعات كما تختلف فيها الميكروبات فالخوف من النقل النهرى للميكروبات فى هذه الحالة يكون محدودا ٠

تمر الأنهار بأراضى زراعية وقد تغمرها ثم تتركها ٠ وقد تروى الأراضى بمياه النهر ٠ تجرى مياه الغمر أو مياه الرى خلال مسام الأرض ، ثم تعود ثانية إلى النهر عن طريق الرشح بعد أن حملت بميكروبات النباتات ، ناقلة لها من أماكن تواجدها إلى أماكن أخرى قد تكون خالية منها ملوثة إياها ومهددة نباتاتها ٠

قد تنقل المياه الميكروبات مسافات محدودة من نبات إلى آخر مجاور له ، أو من جزء من النبات إلى جزء آخر ، كما فى مياه الأمطار التى تسقط على النباتات ، ثم تتناثر قطرات المطر المتساقطة على النبات والتى حملت بالميكروبات ، هنا وهناك ، ناقلة الميكروبات إلى مواضع أخرى ٠

النقل البرى

ليست هناك وسيلة من وسائل النقل لم تستخدمها وتستغلها الميكروبات المهاجمة للنباتات ، فكما إستغلت الهواء والطيور والحشرات فى النقل الجوى ، وإستغلت المياه فى النقل المائى ،فكذلك قد إستغلت الحيوانات الأرضية المختلفة فكانت لها دوابا تركب ، تلتصق بأجسامها وتنتقل بتنقلاتها • بعض هذه الحيوانات يقوم بنقل الميكروبات من نبات إلى آخر فوق سطح الأرض ، والبعض تنقلاته فى أنفاق تحت سطح الأرض ، فحيوان مثل الأرنب وفأر الغيط وكثير من يرقات الحشرات يتنقل فى أنفاق تحفرها ، حاملة على جلودها الميكروبات ناقلة إياها من جذور نباتات مصابة إلى أخرى سليمة •

الإنسان ذاته ، أخطر ناقل للميكروبات ، فهو ينقلها عن غفلة منه كما ينقلها بإرادته ••• عقله الراجح مكنه من تقريب المسافات فأصبح البعيد قريبا • كذلك فقد تمكن الإنسان من تكييف الأجواء التى يتنقل فيها حاملا معه الميكروبات فأصبح الفاقد من الميكروبات أثناء النقل معه ضئيلا • يستخدم الإنسان فى تنقلاته وسائل النقل المختلفة ••• جوية ومائية وبرية • والإنسان سيكون الوسيلة السهلة لنقل الميكروبات عبر الفضاء اللانهائى إلى الكواكب الأخرى فى كون الله الفسيح التى توجد بها حياة ، عندئذ سيكتب لأحياء تلك الكواكب الشقاء إذا هاجمتها وتمكنت منها ميكروبات الأرض ، أو الخالية من الحياة وتسمح أجواؤها بالحياة فتكون تلك الميكروبات نواة نشأة حياة جديدة •

تتم معظم حالات نقل الإنسان للميكروبات عن طريق نقله للنباتات أو أجزائها ، فالإنسان ينقل النباتات فى أسفاره وهجراته وتجاراته من مكان إلى آخر متخطيا بها الحواجز الطبيعية من جبال ومحيطات وصحارى • وإن التاريخ لملىء بالمآسى الناتجة عن نقل الإنسان لنباتات محملة بالميكروبات • ولنعد قليلا لبعض الصفحات السابقة لنذكر ما فعله الإنسان عندما أدخل البطاطس من العالم الجديد إلى العالم القديم ومعه الميكروب فيتوفثورا إنفستانز(شكل ٣) وما نتج عن ذلك من مجاعات وهجرات • ولنذكر قصة الميكروب إندوثيا بارازيتيكا الذى أدخله الإنسان مع بعض الأجزاء النباتية ، من الشرق الأقصى إلى أمريكا ، فقضى على غابات أبو فروة (شكل٤) • ولنذكر أيضا قصة زراعة العنب فى أوربا مع ميكروب بلازموبارا مع حشرة الفللوكسرا (شكل٥) حيث أراد زراع العنب الفرنسيون أن يقاوموا حشر

الفللوكسرا التى تهاجم جذور العنب فاستوردوا أصولا مقاومة لهذه الحشرة ليطعموا عليها نباتات العنب الفرنسى ، وبذلك أمكنهم مقاومة الحشرة ، ولكن حظهم السيىء أبى إلا أن تستبدل آفة بآفة ، فكانت الأصول المستوردة محملة بالآفة الجديدة وهى ميكروب بلازموبارا مسبب مرض البياض الزغبى • ومن الميكروبات الخطيرة الأخرى فى تاريخ أمراض النبات الميكروب البكتيرى المسبب لمرض تقرح الموالح والذى دخل إلى الولايات المتحدة الأمريكية محمولا على أجزاء نباتية مصابة نقلها الإنسان من شرق آسيا سنة ١٩١١ (شكل ١٥) ، وإنتشر الميكروب سريعا بأمريكا ، ولم يكن من السهل التخلص من هذا الميكروب اللعين إلا بعمليات الإبادة للمزارع المصابة ، وقد تم التخلص من هذا الميكروب فى الولايات المتحدة الأمريكية سنة ١٩٤٥ بعد إبادة ما يزيد عن ثلاثة عشر مليونا من أشجار الموالح •

obeikandl.com

هجوم الميكروبات

تتكاثر الميكروبات فتزداد أعداد أفرادها ، فتهاجر من مكانها لتجد مكانا أفضل لمعيشتها وكفاحها ، مستغلة فى ذلك أنسب الوسائل لتنقلاتها ... هجرتها قد تكون سهلة يتحملها أفرادها ، وقد تكون طويلة شاقة ، يفنى خلالها الكثير ، ولا ينجو من قسوتها إلا ما يتمتع منها بمقومات خاصة ... الكثير تنتهى هجرته بعيدا عن نبات عائل مناسب ... والقلة تستقر على عائل مناسب . وقد تنتهى حيوية الميكروب قبل وصوله إلى مستقره ، وقد يصل إلى عائله فى حالة من الضعف لا يستطيع معه للنبات هجوما ولا للغذاء حصولا ، فمآله للفناء . بعض تلك الميكروبات تنتهى من رحلتها ، وتحط الرحال على نباتات ملائمة لمعيشتها وهى أشد ما تكون حيوية وقوة. مثل هذه الميكروبات ، لا تهاجم عائلها مباشرة ، بل هجومها موقوت ، والتوقيت من صنع الطبيعة ، يرتبط كثيرا بحالة النبات وحيويته ، وحرارة الجو ورطوبته، وضوء النهار أو ظلمة الليل . فإذا ما توفرت كافة الظروف الملائمة ، وتحددت ساعة الصفر تبدأ الميكروبات هجومها فتدخل فى معركتها مع النبات .

ينبغى لنا أن نعلم الغرض الذى من أجله تهاجم الميكروبات النباتات . هل مجرد المشاكسة وحب القتال ؟ أم روح الشر المتأصلة ؟ لا ، بل هى الحياة ، فكما يريد النبات أن يعيش ، فالميكروبات تريد أيضا أن تعيش . ومعيشة كثير من الميكروبات تعتمد على نباتات بعينها ، لا تستطيع عنها بعدا ، ولا بدونها نموا ، فهى مصدر سكنها وغذائها ، وفيها سر حياتها ومكان نموها وتكاثرها . الميكروب المهاجم للنبات هو ميكروب طفيلى ،لا يجهد نفسه فى صنع غذائه ، ولا يبحث عنه فى مخلفات الطبيعة ، بل يغتصبه من النبات إغتصابا . أما النبات العائل فيقاسى من الميكروب المهاجم ، فالميكروب يسلبه مجهوده فى صنع غذائه كما يفسد عليه طبيعته فى الحياة . والنبات لا يقف أمام ذلك الهجوم مستسلما بل مدافعا ومقاوما .

تختلف الميكروبات ، فيما بينها ، فى نوع الغذاء النباتى المناسب ... البعض يفضله من الجذور ... والبعض يرى أن السيقان والأوراق أفضل ... والبعض يجد متعته فى مهاجمة الأزهار والثمار . بعض الميكروبات لا تكلف نفسها مشقة النمو فى أجزاء النبات ، فقد تجد فى خلايا النبات السطحية مبتغاها من غذاء . والبعض ينمو فى أنسجة النبات ، وقد يصل إلى الأوعية الغذائية حيث الغذاء وفير ومتجدد .

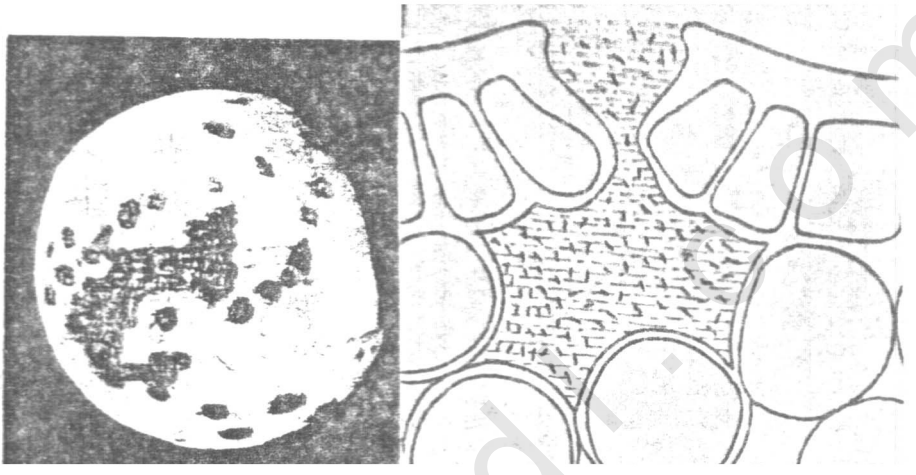
إذا إنتهت رحلة الميكروبات ووصلت إلى السطح الملائم للنبات الملائم ، وكانت ظروف تلك الميكروبات المتطفلة وكذلك النباتات العائلة فى حالة ملائمة لبدء المعركة ، فإن الميكروبات تبدأ هجومها فى الحال . أما إذا كانت الأحوال غير ملائمة فإن الميكروبات تبقى فى مكانها متحفزة ومتربصة ، حتى إذا واتتها الفرصة بدأت هجومها ، وفى سبيلها لذلك عليها أن تخترق جدرها الخارجية .

للميكروبات وسائل مختلفة للدخول إلى أنسجة النبات ، فمنها ما يدخل من الأبواب ومنها ما يثقب الجدران . والجدران تتكون من صف متراص من الخلايا التى تشبه كثيرا قوالب الطوب المستخدمة فى البناء ، وعليها من الخارج فى كثير من الأحوال طبقة شمعية . أما الأبواب فهى فتحات فى جدران النبات ، بعضها يفتح ويقفل ويطلق عليها الثغور ، وبعضها بوابات دائمة الإنفتاح . الكثير من الميكروبات لا يستطيع للجدران ثقبا ، فلا يدخل النبات إلا من أبوابه ، والبعض لا يحب أن يسلك الطريق السوى فينقب فى جدران النبات محدثا ثقبا يمر من خلاله ، والكثير يبحث عن جرح فى جدران النبات الخارجية ليمر من خلاله .

دخول الميكروبات إلى داخل النبات خلال فتحاته الطبيعية أصعب كثيرا من دخولها إلى داخل حيوان خلال فتحاته ، ذلك أن فتحات الحيوان كفتحة الفم وفتحتى الأنف فتحات واسعة تدخلها الميكروبات بسهولة مع الغذاء ومع الإستنشاق ،ويزيد الأمر سهولة على الميكروبات أن هناك حركة سحب للداخل مع مرور الغذاء وأيضا مع هواء الشهيق . أما فى النبات فالتغذية تحدث بالإمتصاص ويمر الغذاء فى صورة محلول خلال أغشية رقيقة لا تسمح بمرور الميكروبات مرورا طبيعيا إلا فى بعض أنواع الميكروبات الفيروسية . أما التنفس فليس فيه شهيق أو زفير ، بل هو مجرد إنتشار غازات تحدث عادة فى فراغات هوائية توجد للداخل من فتحات الثغور . الثغور فتحات ضيقة بيضاوية ، والقليل من الميكروبات بإستطاعته المرور خلال تلك الفتحات ، والغالبية لا تستطيع ذلك لأن أسماكها تزيد فى أقطارها عن تلك الفتحات .

معظم الميكروبات البكتيرية يمكنها الدخول خلال فتحات الثغور ، فالميكروب البكتيرى المسبب لمرض تقرح الموالح إذا وُجد فى قطرة ماء ملامسة لثغر بورقة نبات موالح قابل للإصابة ، فإنه يسبح ويتكاثر فى نقطة الماء التى قد تنزلق خلال فتحة الثغر عند إنفتاحها فتصل إلى الغرفة الهوائية أسفلها ، حيث يواصل الميكروب

تكاثره ، فتزداد أعداده كثيرا بسرعة فائقة ، ثـــم تـــهاجم أفـــراده خلايـــا النبـــات (شكل١٥) ٠



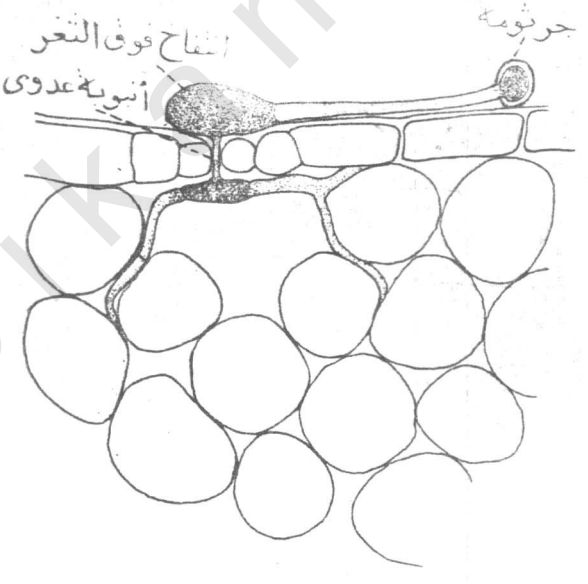
ب أ

شكل ١٥ : تقرح الموالح
أ – دخول الميكروب المسبب إلى غرفة ثغر بورقة موالح ٠
ب – أعراض المرض على ثمرة ٠

بعض الميكروبات ، رغم أن أقطارها أكبر من فتحات الثغور فإنه يمكنها المرور خلال تلك الفتحات ٠ وفى مثل هذه الحالات نجد أن الميكروب ينجذب ناحية الثغـر بفعل كيماوى ،ثم يستدق فى القطر فى جزئه المار خلال فتحه الثغر ، وبعـد ذلـك يعود إلى قطره الأصلى ٠ من الأمثلة على ذلك الميكروب المسبب لصـــدأ القمـــح الأسود ، فإذا سقطت جراثيم هذا الميكروب على ساق نبات قمح فإنها تنبت بتكوينها لأنبوبة طويلة تتجه ناحية الثغر ، فإذا وصلته إنتفخ طرفها لتثبت نفسها فوق فتحـــة الثغر ، ثم لا يلبث أن تخرج من الإنتفاخ أنبوبة عدوى دقيقة تتجه للداخل مارة خلال فتحة الثغر ، ثم ينتفخ طرفها الداخلى ثانية ٠ تخرج من الإنتفاخ الداخلـــى نمـــوات

أنبوبية تنمو بين خلايا أنسجة النبات (شكل ١٦) ٠ ويتم دخول أنبوبة العدوى إلى داخل الثغر بفعل جذب مائى ،فالرطوبة الداخلية هى العامل الجاذب لأنبوبة العدوى إلى داخل الثغر ٠ أيضا فإن أنبوبة العدوى تمتاز بخاصية الهروب من السطح الصلب ، وتعرف هذه الخاصية بالإنتحاء السلبى لسطح صلب ، وهذا يتسبب أيضا فى دخول أنبوبة العدوى حتى ولو كانت الرطوبة الجوية مرتفعة ٠

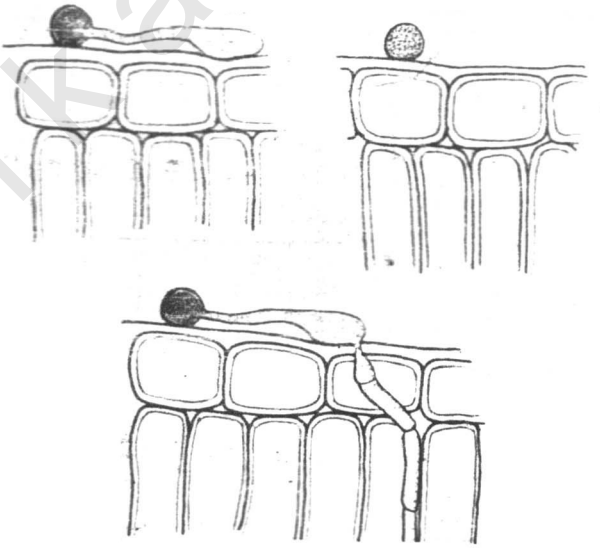
لكل ميكروب طفيلى ظروف بيئية يفضلها لبدء هجومه على النبات ، فميكروب فيتوفثورا إنفستانز مسبب مرض اللفحة المتأخرة فى البطاطس يفضل الجو المائل للبرودة المشبع بالرطوبة ، ذلك أن الجرثومة الواحدة تحت هذه الظروف تتجزأ إلى حوالى ثلاثين جرثومة أصغر ذات أسواط تسبح بها فى قطرات الماء لفترة (شكل ٣ جـ ، د) ، ثم تفقد أسواطها ويخرج من كل منها أنبوبة طويلة ، إذا ما صادفت ثغرا قريبا نمت من خلاله إلى الداخل ، وإذا لم تصادف ثغرا فإنها تثقب خلال جدر الخلايا الخارجية ، ثم تنمو خلال الأنسجة الداخلية للبطاطس مارة بين الخلايا ومرسلة أجزاء دقيقة منها داخل الخلايا ، تسطو بها على الغذاء النباتى ٠



شكل ١٦ : إنبات جرثومة ميكروب صدأ القمح ودخولها خلال فتحة ثغر

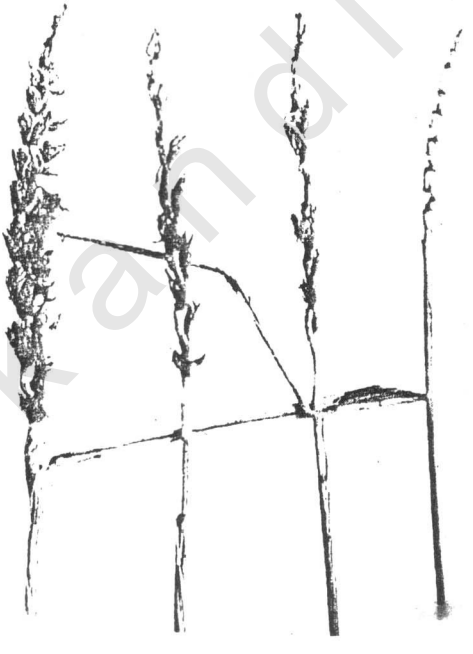
obeikandi.com

الميكروبات التى تثقب خلال جدران النبات ، لابد وأن لها من الإمكانيات ، ما يمكنها من ذلك ، خاصة وأن جدران النبات الخارجية أشد سمكا وأكثر متانة من جدران الخلايا الداخلية ، كما أن جدران الخلايا الخارجية كثيرا ما تكون مغطاة بطبقة شمعية أو شبة شمعية سميكة • تحتاج عملية ثقب جدار الخلية الخارجى والمادة التى تغطيه إلى جهد ميكانيكى • لكى يتمكن الميكروب الفطرى من القيام بهذا الجهد الميكانيكى فإن عليه أن يثبت نفسه بقوة شديدة على سطح النبات ، وذلك بتكوينه لإنتفاخ يقوم بعملية التثبيت ويسمى بعضو إلتصاق (شكل ١٧) • وقد قدرت قوة الإلتصاق هذه بسبعة ضغوط جوية فى بعض الحالات • بعد أن يثبت الميكروب نفسه بهذه القوة ، يبدأ فى إرسال أنبوبة عدوى دقيقة تثقب خلال الغلاف المحيط بالجدار الخارجى للنبات ، حتى تصل إلى الجدار ، بعدها يبدأ فى ثقب الجدار وغالبا ما يستعين على ذلك بإفرازات أنزيمية تذيب موضع الثقب • يحدث الثقب والدخول إستجابة لجذب كيماوى بتأثير بعض المكونات النباتية بالنسيج النباتى • يحدث هذا مع الميكروب الفطرى المسبب لمرض التبقع البنى فى الفول الذى يقاسى منه الزراع فى شمال الدلتا ، حيث يهاجم النباتات بقسوة محولا إياها إلى مجرد عيدان بنية داكنة خالية من الأوراق أو بها بقايا أوراق تظهر وكأنها محترقة • هذا الميكروب يخترق الجدر الخارجية للأوراق والسيقان وأحيانا الثمار ، ثم ينمو سريعا فى الداخل مفرزا إفرازات قاتلة تسبقه فى التوغل ناشرة الموت والدمار فى الأنسجة بعدها يبدأ الغزو الميكروبى فى أرض لا حياة فيها ••• الهلاك قد سبق والمقاومة قد إنعدمت •



شكل ١٧ : خطوات إنبات جرثومة وإختراق مباشر لخلية نبات بعد تكوين عضو إلتصاق •

بعض الميكروبات تسلك فى دخولها للنبات مسالك خاصة تميزها عن غيرها ٠ من ذلك الميكروب المسبب لمرض التفحم السائب فى القمح الذى يسلك عند دخوله النبات مسلك حبة اللقاح ، فإذا سقطت جرثومة هذا الميكروب على ميسم زهرة قمح، أى فى الموضع الذى تسقط عليه حبة اللقاح عند التلقيح ، فإن الجرثومة تنبت كما تنبت حبة اللقاح فترسل أنبوبة رفيعة طويلة تنمو خلال الميسم حتى تصل إلى مبيض الزهرة حيث تستقر وتسكن ٠ تنضج الحبة والميكروب كامن بين أنسجتها غير ملحوظ ، فضرر هذا الميكروب لا يظهر إلا فى الموسم التالى ٠ إذا زرعت تلك الحبة فإنه مع إنباتها يصحو الميكروب من سباته ، وينمو فى هدوء غير منظور ويستمر فى نموه ملازما لقمة النبات النامية ، حتى إذا ما تكونت السنبلة ، إزداد الميكروب نشاطا وتكاثر بغزارة مهلكا الأزهار ومحولا السنبلة إلى كتلة هبابية مليئة بالآلاف من جراثيم الفطر السوداء (شكل ١٨) ٠



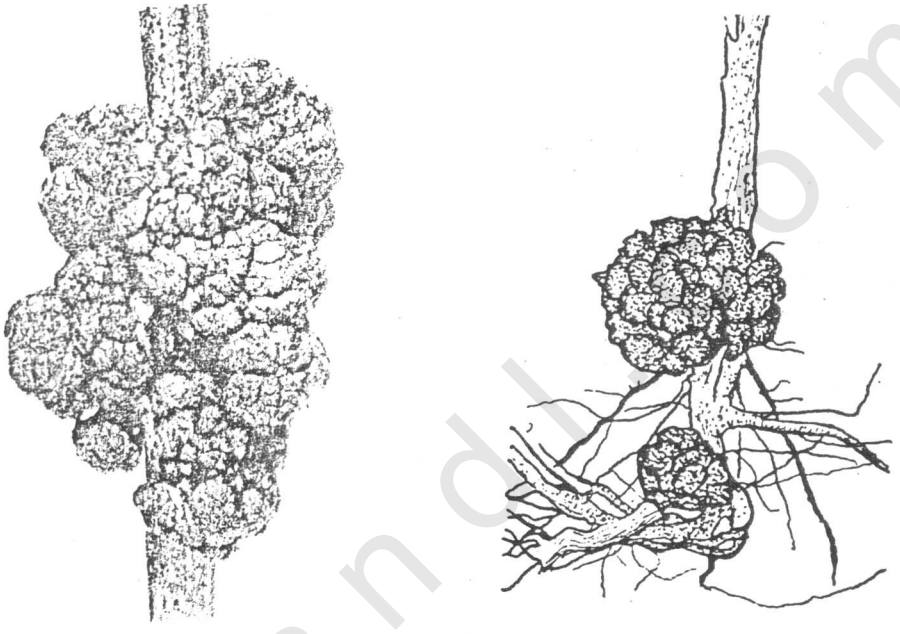
شكل ١٨ : تفحم سائب فى القمح ، الأعراض على سنابل

الكثير من الميكروبات لا يستطيع المرور خلال فتحات النبات الطبيعية ، كما لا يمكنه ثقب جدر النباتات الخارجية ،لذلك فهى تبحث عن جرح تمر من خلاله ٠ والجروح فى النباتات كثيرة الحدوث ولو أنها كثيرا ما تكون دقيقة غير ملحوظة ، فهى قد تنتج عن عوامل الجو القاسية كالرياح والصقيع وتساقط الجليد وتقلبات الجو من رطوبة وجفاف وحرارة وبرودة ٠كما تحدث الجروح للجذور بفعل إحتكاكها بحبيبات التربة أثناء نموها ، كما تحدث الجروح بفعل الحشرات والطيور ومختلف الحيوانات ٠

الجروح التى تحدثها الحشرات بالأنسجة النباتية كثيرة ومتنوعة ، فالحشرات التى تتغذى على النباتات بعضها ذات فم قارض تمزق به الأنسجة النباتية ، والبعض ذو فم ثاقب ماص تحدث بالأنسجة النباتية جروحا وخزية عميقة ٠ بعض الحشرات تحدث الجروح عند وضع البيض داخل أنسجة النبات وذلك بآلة وضع البيض (شكل ١٤) ٠ بعض الحشرات تعيش وتتحرك داخل أنفاق تحدثها بأنسجة النبات ٠ والبعض يحدث جروحا فى جذور النباتات بفعل أنواع من الديدان الأسطوانية والتى تعرف بالديدان الثعبانية أو النيماتودا ، وجروح تلك الديدان قد تتعمق داخل الأنسجة النباتية مهيئة طريقا سهلا لغزو كثير من الميكروبات التى تهاجم جذور النباتات ٠

ولا نغفل العامل الآدمى فى إحداث الجروح بالنباتات ، فهو يحدثها عفوا وعمدا أثناء تأديته العمليات الزراعية المختلفة من عزيق وحراثة وشتل وتقليم وجمع محصول ٠

من الميكروبات الجرحية الهامة الميكروب البكتيرى المسبب لمرض التدرن التاجى فى الأشجار ٠ يهاجم هذا الميكروب كثير من النباتات قرب سطح الأرض ، فيدخل إلى الأنسجة المجروحة فينمو وينقسم ويفرز إفرازات خاصة تهيج أنسجة النبات ، فتنمو الأنسجة النباتية قرب المنطقة المصابة نموا شديدا محدثة أورام كبيرة قد تصل إلى حجم ثمرة بطيخ (شكل ١٩) ٠ ومن الميكروبات الجرحية أيضا تلك المتسببة عن الفطر إندوثيا مسبب مأساة أبو فروة (شكل ٤) ، فهو يخترق النبات خلال الجروح التى تحدث عادة بفعل الطيور والحيوانات التى تعيش فى تلك الغابات٠



شكل ١٩ : إصابات بمرض التدرن التاجى
يمين : على جذور شجرة لوز **يسار:** على ساق نبات عباد الشمس

أحيانا يحدث دخول الميكروب خلال جروح تحدثها الحشرة الناقلة للميكـــروب ، فهى تحدث الجرح بالنبات وتلوثه بالميكروب فى نفس الوقت وذلك كما وضحناه فى مرض عقدة الزيتون حيث الجرح يتم بآلة وضع البيض (شكل ١٤) ٠ وفى حالـــة الميكروب الفيروسي المسبب لمرض إلتفاف أوراق البطاطس ، تضع حشرة المـــنْ

الناقلة ، الفيروس داخل جرح وخزى عميق تحدثه الحشرة بخرطوم فمها الواخز المدبب ٠

تختلف الميكروبات فى الأعداد التى تمكنها من أن تبدأ هجوما ناجحا ، ففى بعض الحالات قد يكفى ميكروب واحد لإحداث العدوى وظهور المرض ، وذلك كما فى الميكروبات المسببة لأمراض البياض الدقيقى ، ولكن فى حالات أخرى كثيرة نجد أن الوفرة العددية للميكروبات ضرورية لنجاح الميكروب فى هجومه ، وأنه كلما زادت الأعداد المهاجمة ، كلما زادت شدة الهجوم ، كلما وضحت الأعراض المرضية ٠

فى بعض الحالات التى يصعب فيها على الميكروب إختراق الجدران لضعف فى قواه الميكانيكية ، فإنه لكى يواصل الهجوم من خلية إلى أخرى فإنه يتجمع ويتكتل ناحية الجدار الملاصق للخلية الجديدة ، ثم يقوم بضغطة جماعية على هذا الجدار مؤدية إلى إنهياره فينتقل الميكروب سريعا للخلية الجديدة معيدا جولة الهجوم الجماعى (شكل ٢٠) ٠

شكل ٢٠: ميكروب فطرى يسمى رايزوكتونيا *Rhizoctonia* يقوم بضغطات جماعية على جدران درنات بطاطس ٠

تعايش الميكروبات مع النباتات

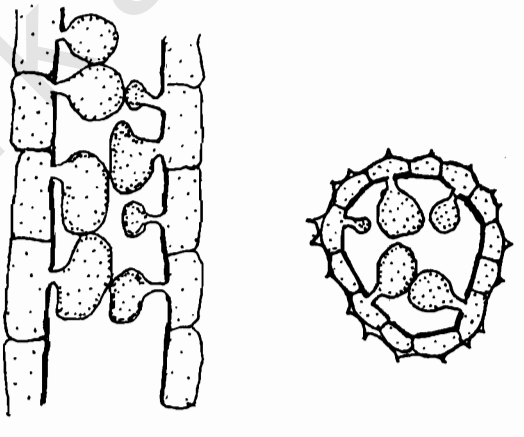
إتضح مما سبق القدرات الهائلة للميكروبات فى التكاثر وإنتاج نسل وفير يمكنها من مواصلة صراعها مع النبات ، وإمكانياتها فى إستغلال وسائل إنتقال مختلفة تمكنها من التنقل من جزء من النبات العائل إلى أجزاء أخرى ، ومن نبات إلى نبات آخر ، هروبا من التزاحم الميكروبى فى الموضع الأول ، مهاجرة إلى مكان آخر حيث الإمكانيات الجديدة ، للإقامة والغذاء والتكاثر ، أوفر ٠ كما بينا قدرات الميكروبات الميكانيكية والكيماوية ، التى تمكنها من الهجوم على النبات المهاجر إليه وإختراق خطوط دفاعه الأمامية ، فى ثقب جدر النبات الخارجية ، أو مستغلة فتحات النبات الطبيعية أو جروحه التى تنتج عن التقلبات الجوية أو التى تحدثها الحيوانات المختلفة ٠هل ينجح الميكروب بعد ذلك فى إستغلال النبات أفضل إستغلال ؟ هل ينجح فى المعيشة على النبات العائل والحصول على متطلباته من غذاء ؟ هل ينجح فى تكملة دورة حياته وإنتاج أجيال أخرى تواصل الكفاح ؟ لا يكفى أن يخترق الميكروب الحواجز الخارجية ويصل إلى الأنسجة النباتية الداخلية حتى يكون قد كتب له النجاح ، بل لابد لنجاحه فى مهمته من أن يتمكن من المعيشة داخل أنسجة النبات والاستفادة منها لفترة مناسبة ٠ نظرة الميكروبات للنباتات ليست نظرة إلى عدو تبغى إضعافه أو إهلاكه ، فهى لا تهاجمه لتقضى عليه ، بل هى فى نظر الميكروبات مزرعة تحصل منها على غذائها ومكان لإقامتها وعش لتزاوجها وتكاثرها ٠ الميكروبات تهاجم النباتات وفى نفس الوقت تريد أن تبقيها أطول وقت ممكن متمتعة بها ومستغلة إياها ٠٠٠ ففى بقائها بقاء لها وإستمرار لحياتها النشطة٠ لهذا كان حسن إستغلال الميكروبات للنبات العائل لها ، من دواعى نجاحها ٠

تختلف الميكروبات فى وسائل تعايشها مع نباتاتها العائلة لها ٠٠٠ فمنها المخربة التى لا تحسن للنبات إستغلالا فهى تقضى عليه سريعا قبل أن تتمتع بوجودها معه ٠٠٠ ومنها ما تهاجم النبات هجوما لينا ، تنال منه بحساب ، وتترك له فرصة تعويض بعض ما نالت منه ، مثل تلك الميكروبات تعتبر أنجح فى حياتها من ميكروبات النوع الأول ، ففرصها للنمو والتكاثر عالية ، وهذا النوع من الميكروبات يطلق علية الميكروبات المتوازنة ٠

الميكروبات المخربة

هذه الميكروبات تحيا حياتين ، حياة حرب مع النباتات المهاجمة ، وحياة سلام تعيشها بعيدا عن النباتات الحية تتغذى أثناءها على مواد عضويه متحللة ، قد تجدها فى النبات العائل بعد موته أو فى كائنات أخرى متحللة • ميكروبات هذا النوع لا تختص عادة بنبات معين ، بل تصيب أنواعا مختلفة من النباتات ، وهى فى تطفلها تفرز أنزيمات تنتشر فى أنسجة النبات متقدمة النمو الميكروبى فتضعف من حيوية أنسجة النبات وقد تحللها ، سميت هذه الميكروبات بالمخربة لأنها لا تفسد بقدر ما تحتاج إليه ، بل تخريبها عام • بعض الطفيليات المخربة يعيش أكثر وقته مع النبات فى حالة نشاط ، أما حالة السلام عنده فهى خاملة قليلة النشاط • البعض تكون فترة حربه محدودة ضعيفة وغالبا ما تكون إنتهازا لظروف أساءت بالنبات ، كأن يكون الهجوم الميكروبى فى إثر هجوم سابق بميكروب آخر ، أو فى حاله ضعف للنبات ، أما حياة سلام الميكروب فتكون طويلة ونشطة • النوع الأخر من الطفيليات المخربة تقترب فى صفاتها من الطفيليات المتوازنة فعوائلها محدودة وحياة سلامها محدودة وحياة تطفلها طويلة ، ومنها ميكروب إندوثيا بارازيتيكا الذى هاجم غابات أبو فروة الأمريكية هجوما قويا جبارا ، سريعا خاطفا ، فقضى على الأشجار قضاءا سريعا (شكل ٤) • وجود هذا الطفيل وتكاثره السريع فى أنسجة عائله ، يدفع النبات للقيام بإفرازات دفاعية تسبب هلاك العائل نفسه ، إذ أن تلك الإفرازات تتسبب فى تكوين حواجز فى صورة نموات خلوية بالونية عديدة داخل القنوات الغذائية الناقلة للماء والغذاء من الأرض ، تعرف بالتيلوزات (شكل ٢١) ، وبذلك ينقطع وصول الماء والغذاء إلى أجزاء النبات العليا ، فيؤدى ذلك إلى الموت السريع للنباتات قبل تمام تطفل الميكروبات عليها • هذا الميكروب رغم كل مظاهر قوتِه وجبروته ، لا يمكن إعتباره ميكروبا ناجحا فى صراعه ، إذ أن نشاطه أدى إلى القضاء على ملايين الأشجار التى كانت نامية فى أمريكا • ميكروب إندوثيا كان الميكروب القوى المسيطر الذى قضى قضاءا مبرما على فريسته ، قاتلها حتى أفناها ثم بقى بعد ذليلا ، لا يجد نباتا يهاجمه ، ولا ملجأ يلجأ إليه ، ولا مصدرا جيدا لغذاء يعيش عليه ، فالقضاء على خصمه كان سببا فى إنكماشه • لهذا لم نسمع فى التاريخ عن جولة تالية لهذا الميكروب بعد جولته الشهيرة الأولى بالولايات المتحدة الأمريكية فى عهده الذهبى فى أوائل القرن الحالى والتى قضى فيه على خصمه فقضى بذلك على نفسه فى تلك البلاد ، والآن وهو فى سنينه العجاف نذكر أيامه الذهبية التى أنهاها سريعا نتيجة لشراهته وقصر نظره •

الطفيليات المخربة التى تفضل حياة الترمم على المواد العضوية عن حياة التطفل على النباتات ، قدراتها على النضال محدودة وضعيفة ، إنتهازية فى هجومها على النباتات ... تتحاشاها فى قوتها وتهاجمها فى ضعفها . الضعف فى النباتات قد ينتج عن نموها تحت ظروف بيئية غير ملائمة ؛ كنموها فى تربة مالحة أو سيئة الصرف ، أو نموها تحت ظروف نقص غذائى ، أو أن تكون النباتات فى مستهل أعمارها ولم تستكمل بعد تكوين أنسجتها الدفاعية الواقية ،أو تكون فى شيخوختها وقد إستهلك شبابها فى تكوين الثمار والبذور . كثيرا ما يكون هجوم تلك الميكروبات إثر هجوم سابق لطفيل متوازن أو بطفيل مخرب يفضل التطفل عن الترمم ، وقد إستنفذ الميكروب السابق قوى النبات ، فأصبح النبات ضعيفا لا يقوى على الدفاع ، وجاء هذا الميكروب الإنتهازى ليكنس أرض المعركة السابقة وليأكل فتات ما ترك الميكروب الأول ،فهى كالحيوانات التى تأكل الجيفة بعد أن شبع الحيوان المفترس تاركا بقايا صيده لغيره . مهما يكن من أمر النبات العائل ومن سبب ضعفه ،فإن تلك الميكروبات المخربة ذات قوى ميكانيكية ضعيفة وقوى كيماوية كبيرة ... لا تستطيع الدخول خلال الأبواب ولا تستطيع ثقب الجدران ... دخولها خلال جروح أو فى أعقاب إصابة سابقة ... تنشر المواد السامة أو الأنزيمية متقدمة نموا تها وبذلك يتقدم الميكروب فى أرض خالية من الحياة ، جدر خلاياها منهكة يسهل إختراقها ، والمواد الغذائية بها متحللة يسهل إمتصاصها ، فيزحف الميكروب سريعا بلا مقاومة ، بعد أن سبقته غاراته السامة المدمرة .



شكل ٢١ : تكوين تيلوزات داخل وعاء خشبى
يمين : قطاع عرضى يسار : قطاع طولى

obeikandl.com

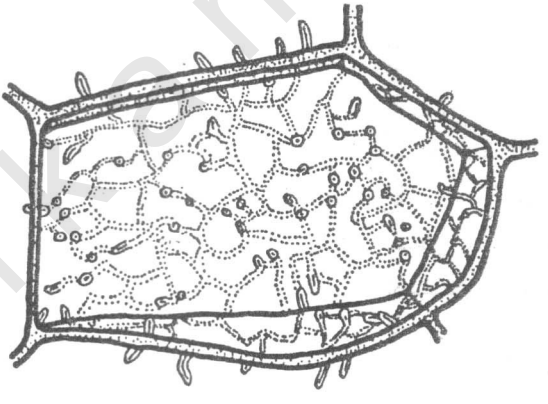
النباتات فى أعمارها الأولى ، أى بعد الإنبات مباشرة تكون فى حالة شديدة من الضعف إذ أن خلاياها تكون رقيقة الجدر ومقاومتها لكثير من الميكروبات ضعيفة ، وخاصة إذا إزدادت ضعفا فى أيامها الأولى لما تبذله من جهد فى دفع طريقها إلى أعلى مخترقة حبيبات التربة ، وتستمر كذلك حتى تظهر فوق سطح الأرض وتتكشف معها أول ورقة خضراء فتبدأ فى إكتساب القوى فتقوى جدر خلاياها وتتكون أنسجة دعامية تساعدها فى الدفاع عن نفسها • لهذا يسهل على الميكروبات مهاجمة البادرات وخاصة قبل ظهورها فوق سطح التربة ، متسببة فى موت الكثير منها ، مما يضطر معه الزراع ، فى كثير من الأحوال ، إلى الزراعة بكميات من التقاوى تزيد عن المطلوب مما يضطر معه الزارع إلى الخف للزيادة عند نجاح أكثرها وإلى الترقيع إذا مات معظمها من تلك الميكروبات المخربة •

ومن أمثلة الطفيليات المخربة تلك المسببة لأعفان الثمار والخضروات أثناء تخزينها وتسويقها ، فالثمار بعد قطفها والخضروات بعد تقليعها تفقد حيويتها بسرعة . وبذلك تصير نهبا مستساغا لهذه الأنواع من الميكروبات مسببة لها خسائر فادحة • من أهم مسببات عفن الثمار والخضروات أثناء تخزينها وتسويقها الميكروب البكتيرى إروينيا كاروتوفورا *Erwinia carotvora* ، الذى يتسبب هجومه فى إحداث عفن طرى فتصبح الأنسجة النباتية طرية لزجة وكثيرا ما يصحب ذلك ظهور رائحة كريهة تزداد وضوحا فى بعض النباتات مثل الكرنب والقرنبيط واللفت، والتى تجذب كثيرا من أنواع الذباب الذى يضع بيضه على تلك النباتات المتعفنة • يفقس بيض الذباب وتتغذى اليرقات على الأنسجة المتحللة المحتوية على الميكروبات • تستعمر الميكروبات الجهاز الهضمى لليرقات ، وتستمر مصاحبة لها فى طور العذراء ثم فى طور الذباب المجنح • وعندما تبيض أنثى الذباب على نباتات أخرى يخرج البيض ملوثا بالميكروبات التى تصيب الثمار والخضر المقطوفة والمقلعة •

obeikan.com

الميكروبات المتوازنة

هذه الميكروبات تعتمد فى معيشتها إعتمادا كليا على عوائلها النباتيَة ، حياتها كفاح مع العائل ، إذا مات العائل أو بعد عنها وقف نشاطها حتى تجده • مثل هذه الميكروبات تختص عادة فى هجومها على نوع نباتى معين أو على مجموعة من الأنواع النباتية المتقاربة ، سميت بالمتوازنة لأنها لا تنجح فى تطفلها إلا إذا عاشت فى حالة توازن بينها وبين النبات العائل • هذه الميكروبات لا تحدث عادة ضررا بالأنسجة نتيجة لفعل كيماوى ، بل يحدث الضرر منها نتيجة لما تسلبه من النبات من ماء وغذاء ، فهى ذات قدرات كيماوية ضعيفة أو معدومة ، لكن قدراتها الميكانيكية مرتفعة • تدخل النبات من الأبواب أو ثقبا فى الجدران ، ونادرا ما تستغل الجروح • تنمو بعد دخولها النبات بين الخلايا وتحصل على غذائها بأن ترسل نموات دقيقة تثقب جدر الخلايا ، وتنتفخ فى داخلها مكونات ممصات (شكل٢٢) تمتص بها الغذاء ، وكثيرا ما تصل المماصات إلى نواة الخلية فتلامسها حيث تكون أقرب ما يمكن لمناطق الغذاء الغنى الوفير •



شكل ٢٢ : رسم مجسم لخلية درنة بطاطس تبين مسارات فطر فيوزاريوم *Fusarium* بين الخلايا ونمو مماصات إلى داخل الخلايا •

الميكروبات المتوازنة ، إذا قست على النبات فى هجومها فإنها تقضـــى عـ سريعا ، وهذا يتسبب فى إيقاف نشاطها وشل حركة تقدمها ، ولا ينقذ الميكروبـــات من ذلك إلا أن تنتقل إلى عائل جديد يعيد إليها نشاطها وحيويتها ٠ تحدث هذه الحالة عندما يهاجم الفطر باكسينيا ، مسبب الصدأ الأسود ، نبات قمح حساس لوجوده فإن أنسجة النبات المحيطة بمنطقة الإصابة تموت وبذلك يحاصر الميكروب فى مكانه إذ أنه لا يستطيع مهاجمة أنسجة ميتة ولا حتى المرور خلالها ٠ أما إذا ما كان هجـوم الفطر لينا هينا فإنه ينتج عن الهجوم حالة من التوازن بيـــن النشـــاط الميكروبـــى والنشاط النباتى ، فلا تموت الخلايا ، بل قد تزداد حيوية فنجـــد أن نســبة الآزوت العضوى قد زادت فى منطقة الهجوم مما يشجع الميكروب على تكوين أجيال جديدة من جراثيم الفطر المعدية ٠

obeikandl.com

حيوية الميكروبات ومرونتها

يتطلب الهجوم الميكروبى للنبات توفر جهود ميكانيكية أو إفرازات كيميائية أو كليهما يستمدهما الميكروب من الطاقات المخزنة به أو من الغذاء المدخر فيه ، قبل أن يتمكن من الوصول إلى متطلباته من الغذاء النباتى والإستفادة منها وتحويلها إلى مواد بناء أو طاقات تلزم لنموه وتكاثره ومواصلة هجومه • وكثيرا ما ترتبط حيوية الميكروب بكمية الغذاء المختزن فى جسمه • فمن هذا الغذاء تستمد جراثيم بعض الميكروبات الطاقة اللازمة لتنشيطها وإنباتها ، وكذلك الجهد اللازم لإختراق أنبوبة العدوى الناتجة عن إنبات جرثومة فطر لجدران النبات والنمو فى داخله حتى يبدأ الميكروب فى تكوين علاقة حيوية بينه وبين النبات تمكنه من إمتصاص الغذاء • لهذا نجد أن بعض الميكروبات التى لا تقوم بتخزين الغذاء الكافى الذى يمكنها من بدء الهجوم ، يمكنها ذلك إذا زودت بالغذاء اللازم قبيل هجومها ، مثل هذه الميكروبات لا يمكنها إحداث العدوى طبيعيا إلا إذا سقطت على جرح فى النبات حيث تتمكن من الحصول على غذاء من الخلايا الممزقة ، بعدها تتمكن من الهجوم على الخلايا السليمة •

تختلف الميكروبات كثيرا فى مدى إحتفاظها بحيويتها وخاصة إذا تعرضت لظروف بيئية قاسية ، كدرجات حرارة مرتفعة أو شديدة الإنخفاض أو جو جاف أو إشعاعات ضارة • وعادة ما تكون الميكروبات عرضة لتلك الظروف السيئة عند إنتقالها لمسافات طويلة وخاصة فى حالة إستخدامها للرياح • كذلك فإن حيوية الميكروبات وجراثيمها تتناقص تدريجيا بعد وصولها لتمام النضج • ويتوقف ذلك على تركيباتها الوراثية والظروف البيئية المعرضة لها • بعض الميكروبات تفقد حيويتها سريعا مثل الجراثيم النشطة لميكروب البياض الزغبى الذى يصيب البصل والتى تفقد حيويتها خلال ثلاثة أيام فقط ، فى حين أن جراثيم ميكروبات التفحم ذات أعمار طويلة قد تزيد عن عشرة أعوام •

بعض جراثيم الميكروبات تبقى فى حالة سكون لفترات طويلة ، تكون أثنائها فى حالة نشاط حيوى منخفض ، وعند حلول الوقت المناسب ، وذلك عند تعرضها لعوامل بيئية خاصة ، تنتقل تلك الجراثيم من حالة النشاط الحيوى المنخفض إلى حالة نشاط حيوى مرتفع تمكنها من بدء الهجوم • يحدث ذلك مع الجراثيم الجنسية الساكنة للميكروب المسبب للبياض الزغبى فى البصل والتى يمكنها الإنبات بعد

مرور عدة سنوات على تكوينها • يكون هذا الميكروب نوعين من الجراثيم أحدهما نشط سريع الإنبات قصير الحياة يهاجم النباتات خلال موسم النمو ويتكون منه عدة أجيال أثناء الموسم ، والآخر ساكن بطيء الإنبات طويل الحياة يتكون قرب نهاية موسم النبات ، ويكمن بعدها حتى موسم النمو التالى ، ولولا تلك الجراثيم الساكنة ، ما أمكن بقاء الميكروب حيا من موسم إلى آخر •

هل الميكروبات ثابتة فى صفاتها وقدراتها على مهاجمة النباتات ؟ هل تتغير الميكروبات بتغير الصنف النباتى المنزرع والقابل للإصابة بصنف آخر مقاوم للإصابة بالميكروب ؟ بعض الميكروبات ذات قوى كفاحية عالية ، فإذا لم تجد أمامها سوى أصناف نباتية مقاومة للمرض فإن قدرتها الهجومية على تلك الأصناف تزداد شدة جيلا بعد جيل ، حتى تصبح تلك الأصناف بالنسبة لها سهلة الإصابة وتفقد صفة المقاومة • العكس أيضا صحيح ، فقد تفقد الميكروبات ذات القدرة الهجومية العالية تلك القدرة بعد طول فترة معيشتها بعيدا عن العائل ، وقد ينتج هذا الضعف نتيجة لفقدانها القدرة على الإستمرار فى النمو داخل الأنسجة النباتية وتكوينها لعلاقة بيولوجية بينها وبين النبات العائل ، فقد تفقد القدرة على إفراز الأنزيمات المحللة للجدر الخلوية فقد وجد فى أحد الدراسات أن ميكروب فيتوفثورا إنفستانز مسبب مرض اللفحة المتأخرة فى البطاطس يفقد قدرته على مهاجمة النموات الخضرية لنباتات بطاطس بعد تنميته لمدة أحد عشر جيلا على درنات بطاطس مقاومة ، أو لمدة مائة جيل على الدرنات القابلة للإصابة • ويستعيد هذا الميكروب قدرته التطفلية تدريجيا إذا نما على الأجزاء الخضرية •

إختلفت الآراء حول طبيعة التغيير والتحول الذى يحدث فى الميكروبات نتيجة تنميتها تحت ظروف خاصة ، كما تضاربت الآراء حول تعليل مرونة الميكروبات فى تغيرها لمواجهة ظروف الحياة • فيرى البعض أن التغيرات التى تحدث للميكروبات هى نتيجة لتفاعل الميكروب مع البيئة ، وتعتقد الغالبية أن التغيرات التى تحدث فى طبيعة الميكروب ترجع إلى حدوث تغييرات فى التركيبات الوراثية لها والتى تتوارث جيلا بعد جيل • كذلك فإن كثيرا من الميكروبات تتزاوج وينتج عن تزاوجها أفراد مختلفة الصفات متباينة الخواص • تتنافس الأفراد تاركة للطبيعة عملية الإنتخاب للأصلح • ولا مكان إلا لمن يتجاوب مع وسط النمو ، والتنافس أساسا للحصول على الغذاء ، والغذاء يأتى من النبات ، والنوع الناجح من الميكروبات هو الذى يوجد بين أفراده ما يستطيع مواصلة الكفاح إذا حلت نائبة كتغير فى البيئة إلى الأسوأ أو لغياب الصنف النباتى الذى إعتاد الهجوم عليه •

فى بعض الأحيان تحدث تغيرات فجائية فى طبيعة الميكروب نتيجة لتعرضه لصدمة قوية تؤثر فى كيانه الوراثى ، كتعرضه للأشعة فوق البنفسجية أو لمواد سامة ، وتعرف تلك التغيرات بالطفرات ، وعادة تحدث الطفرات بنسب ضئيلة فى أفراد الميكروب ، لكن السرعة التى تتكاثر بها الميكروبات وقصر الأجيال يجعل معدلات حدوث الطفرات الناجحة ترتفع سريعا بمرور الأجيال • جرثومة واحدة من ميكروب صدأ القمح الأسود إذا تطفرت ونجحت فى إحداث إصابة لنبات قمح ينتج عنها حوالى مائتى ألف من الجراثيم الجديدة التى تخالف باقى الجراثيم ، وإذا نجح أفراد الجيل الأول من تلك الجراثيم المتغيرة فى إنتاج جيل ثان من الجراثيم فإنه ينتج عن ذلك أربعين بليونا من الجراثيم • وهذا العدد من الجراثيم إذا نجح فى إصابة قمح فإنه يتمكن من إحداث عدوى شديدة لما يزيد عن مائة فدان منزرعة بالقمح •

obeikandl.com