الباب الثانى

التطفل وتطور المرض

Parasitism and disease Development

الباب الثانى

التطفل وتطور المرض

Parasitism and disease Development

إن الكائنات الممرضة التي تهاجم النبات تتبع نفس مجموعات الكائنات الحية التي تسبب أمراضاً في الانسان والحيوان. باستثناء بعض الكائنات الممرضة النباتية التي تنتقل بالحشرات والتي تسبب أمراضاً في كل من عوائلها النباتية وناقلاتها الحشرية فإنه لا يعرف أنواعاً من الكائنات الممرضة التي تهاجم النبات وتؤثر على الانسان أو الحيوان، وزيادة على ذلك فإن النباتات تهاجم من قبل بعض النباتات الأخرى.

الأمراض المعدية هي تلك الأمراض التي تنتج من عدوى نبات بواسطة كائن ممرض وهي تتميز بمقدرة الكائن على أن ينمو ويتضاعف بسرعة على النباتات المريضة وأيضاً بمقدرته على أن ينتشر من نبات مريض إلى آخر سليم وبالتالي يسبب في ذلك زيادة النباتات التي تصبح مريضة.

التطفل والمرضية

Parasitism and Pathogenicity

إن الكائن الحي الذي يعيش على أو داخل بعض كائنات حية أخرى ويتحصل على غذائه منها يسمى طفيل Parasite. العلاقة بين الطفيل وعائلة تسمى تطفل Parasitism. الطفيل النباتي هو كائن حي مرافق ويعتمد على النبات أساساً ويتضاعف أو ينمو على حساب هذا النبات. أما نزع المغذيات والماء من النبات العائل بواسطة الطفيل عادة ما يؤدي إلى خفض كفاءة النبات في نموه العادي ويصبح الطفيل ضاراً على زيادة تطور وتكاثر النبات.

وبالتالي في حالات كثيرة فإن التطفل يكون أساساً مرافق المرضية، حيث أن الطفيل يكون عنده المقدرة على غزو العائل ويصبح متوطداً فيه، هذا (بشكل عام) يفضي إلى تكشف الأوضاع المرضية في العائل.

في بعض حالات التطفل كما هو في العقد الجذرية البكتيرية على النباتات البقولية، وإصابة الجذور المغذية بالميكورهزا في غالبية النباتات الزهرية، فإن النبات والكائن الحي الدقيق كلاهما مفيد في تكشف الآخر، هذه الظاهرة تعرف بالتكافل Symbiosis.

في معظم أمراض النبات فإن كمية الضرر المتسببة للنبات غالباً ما تكون أكثر مما هو متوقع من مجرد سلب المغذيات بواسطة الطفيل. هذا الضرر الزائد ينتج عن مواد تفرز بواسطة الطفيل أو تنتج بواسطة العائل استجابة للتنبيه الناشىء من الطفيل. إن الأنسجة المتأثرة بمثل هذه المواد من الممكن أن تظهر زيادة في التنفس، تحطم أو انهيار الخلايا، ذبول، سقوط الأوراق، انقسام غير عادي للخلايا وتوسعها وتحلل بعض المركبات الخاصة مثل الكلورفيل. إن هذه الأوضاع بحد ذاتها لا تبدو مباشرة في أنها تحسن وتزيد ازدهار الطفيل، وبالتالي يتضح أن درجة المرضية التي تظهر بواسطة طفيل لا تكون دائماً متناسبة مع الاندماج الغذائي بين الطفيل وعائله. عندئذ فإن المرضية يمكن تعريفها على أنها مقدرة الطفيل في أن يتداخل مع واحدة أو أكثر من الوظائف الأساسية للنبات، والتطفل كثيراً ما يلعب دوراً هاماً فيها ولكن ليس دائماً هو الدور الأهم.

من بين الأعداد الكبيرة من مجموعات الكائنات الحية هناك أعداداً قليلة فقط من مجموعات قليلة تستطيع أن تتطفل على النباتات: فطريات، بكتيريا، ميكوبلازما، ونباتات راقية متطفلة، نيماتودا ووحيدة الخلية، فيروسات وفيرويدات. هذه الطفيليات ناجحة لأنها تكون قادرة على اختراق العائل النباتي وتتغذي وتتكاثر فيه وتقاوم الظروف التي يعيشها العائل. بعض الطفيليات تضم الفيروسات، فيرويدات، ميكوبلازما، بعض البكتيريا شديدة الحساسية، نيماتودا ووحيدة الخلية، ومن الفطريات تلك المسببة للبياض الزغبي، البياض الدقيقي، والاصداء، يمكنها أن تنمو وتتكاثر في الطبيعة فقط على عوائل حية وهي تسمى طفيليات إجبارية Obligate Parasites وتسمى أيضاً حيوية التغذية Biotrophs. طفيليات أخرى (معظم الفطريات والبكتيريا) تستطيع أن تعيش إما على عوائل حية أو ميتة وعلى بيئات غذائية مختلفة وهي بالتالي تسمى طفيليات غير إجبارية Non Obligate parasites. بعض الطفيليات غير الاجبارية تعيش معظم الوقت أو معظم دورة حياتها كطفيليات ولكن تحت ظروف معينة يمكن أن تنمو مترممة على المواد العضوية الميتة تسمى رميات إختيارية Facultative Saprophytes، بينما أخرى تعيش معظم الوقت وتزدهر جيداً على مواد عضوية ميتة ولكن تحت

ظروف معينة من الممكن أن تهاجم النباتات الحية وتصبح متطفلة وتسمى طفيليات إختيارية Facultative parasites. ولا يوجد (عادة) علاقة بين درجة تطفل الكائن الممرض وشدة المرض الذي يستطيع أن يسببه، وبالتالي فإن كثيراً من الأمراض متسببة عن كائنات ممرضة ضعيفة التطفل وتكون أكثر ضرراً للنبات من أخرى متسببة حتى عن طفيليات إجبارية. زيادة على ذلك بعض الفطريات مثل الأعفان اللزجة وتلك التي تسبب اعفان سوداء يمكنها أن تسبب أمراضاً بمجرد تغطيتها لسطح النبات بدون أن تتغذى أبداً، أو بتغذيتها على افرازات الحشرات أكثر من تطفلها على النبات.

تختلف الطفيليات الاجبارية وغير الاجبارية بشكل عام في الطرق التي بواسطتها تهاجم عوائلها النباتية وتتحصل على مغذياتها من العائل. كثيراً من الطفيليات غير الاجبارية تفرز انزيمات تسبب تحطيم مكونات الخلية في النباتات والتي بمفردها أو مع التوكسينات المفرزة بواسطة الكائن الممرض تفضي إلى موت وتحلل الخلايا. يخترق الكائن الممرض الخلية أولاً ثم يستعمل مكوناتها لنموه. كثيراً من الفطريات ومعظم البكتيريا تعمل بمثل هذه الخطة حيث تنمو على مواد غير حية داخل نبات حي. إن طريقة التغذية هذه تشبه تلك التي عند الرميات، ومن ناحية أخرى كل الطفيليات الاجبارية (وبعض الطفيليات غير الاجبارية) لا تقتل الخلايا أثناء تقدمها فيها ولكنها تتحصل على غذائها إما بواسطة اختراقها لخلايا حية أو بالتوطيد الملازم والمتصل بالخلايا. أن ترافق هذه الكائنات الممرضة بخلايا عائلها شيء أساسي جداً ويفضي إلى استمرار أو تحويل المواد الغذائية إلى جسم الطفيل والتي تستعمل عادة من قبل العائل. مع أن الاستنزاف الغذائي يقلل من نمو العائل ويتسبب في ظهور الأعراض إلا أنه لا يقتل العائل دائماً. في حالة الطفيليات الاجبارية التطفل فإن موت خلايا العائل يوقف أي زيادة في تكشف الطفيل، ومن الممكن أن تؤدي الى موته.

إن التطفل على المحاصيل المزروعة هو ظاهرة عامة. في أمريكا الشمالية مثلاً، حوالى ٨٠٠٠ نوعاً من الفطريات تسبب قرابة ٨٠٠٠٠ مرض، وعلى الأقل ٢٠٠ نوعاً من البكتيريا، حوالى ٧٥ ميكوبلازما، أكثر من ٥٠٠ فيرس مختلف وزيادة عن ٥٠٠ نوع من النيماتودا

تهاجم المحاصيل. ومع أن هناك حوالى ٢٥٠٠ نوع من النباتات الراقية تتطفل على نباتات أخرى فإن قليلاً منها يكون طفيل خطير على نباتات المحاصيل. وحديثاً فإن عديداً من البكتيريا الوعائية شديدة الحساسية وفيرويدات عرفت أيضاً علي أنها تسبب أمراضاً في النباتات. إن محصولاً واحداً، طماطم مثلاً، يهاجم بأكثر من ٨٠ نوعاً من الفطريات، ١١ بكتيرية، ١٦ فيرس، عديداً من الميكوبلازما وعديداً من النيماتودا. وهذا متوسط رقمي لبعض الأمراض، الذرة ١٠٠، القمح ٨٠، التفاح والبطاطس كل منها قابلاً للاصابة بـ ٢٠٠ مرض.

المدى العائلي للكائنات الممرضة

Host Range of Pathogens

تختلف الكائنات الممرضة وذلك حسب الأنواع النباتية التي يمكنها أن تهاجمها، وحسب العضو والأنسجة التي يمكن أن تصيبها، وكذلك حسب عمر العضو أو عمر نسيج نفس النبات الذي يمكنها أن تنمو عليه. بعض الكائنات الممرضة تكون محدودة على نوع نباتي واحد وبعضها الآخر يكون محدوداً على جنس نباتي واحد، بينما كثيراً منها له مدى عائلي واسع يضم عدة مجموعات تصنيفية من النباتات الراقية. بعض الكائنات الممرضة تنمو بشكل خاص على الجذور، البعض الآخر على السيقان، بعضها ينمو بشكل أساسي على الأوراق أو على الثمار اللحمية أو الخضروات. بعض الكائنات الممرضة (مثلاً الطفيليات الوعائية) تهاجم أنواعاً من الأنسجة الخاصة مثل الأنسجة الوعائية، البعض الآخر من الممكن أن ينتج تأثيرات مختلفة على أجزاء مختلفة في نفس النبات. وفيما يتعلق بعمر النبات فإن بعض الكائنات الممرضة تهاجم البادرات أو أجزاء النباتات الغضة بينما البعض الآخر يهاجم فقط الأنسجة الناضجة.

تكون غالبية الطفيليات الاجبارية عادة شديدة التخصص بالنسبة لنوع العائل الذي تهاجمه، من الممكن أن يكون ذلك بسبب أنها تطورت بشكل موازي لتطور عوائلها، وتحتاج مغذيات خاصة تنتج أو تكون متوفرة للكائن الممرض فقط في هذه اللعوائل، الطفيليات غير الاجبارية عادة تهاجم العديد من النباتات المختلفة وأجزاء نباتية بأعمار مختلفة ومن الممكن أن

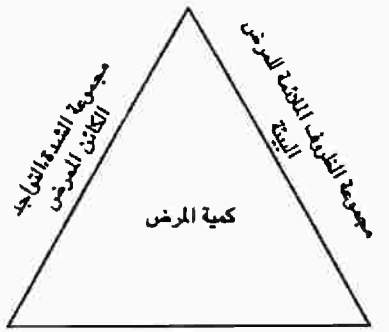
يكون ذلك بسبب أنها تعتمد في مهاجمتها على توكسينات أو انزيمات غير متخصصة والتي تؤثر على مواد أو عمليات شائعة الوجود بين النباتات. بعض الطفيليات غير الاجبارية تظهر مرضاً على نوع واحد فقط أو بضع أنواع نباتية. وعلى أية حال فإن عدد الأنواع النباتية المعروفة حالياً بقابليتها للاصابة بكائن ممرض واحد هي بالتأكيد أقل من العدد الحقيقي في الطبيعة حيث أن بضع أنواع فقط درست من بين الالاف لمعرفة قابليتها للاصابة بكل كائن ممرض. وزيادة على ذلك، بسبب التغيرات الوراثية فان الكائن الممرض قد يكون قادراً على أن يهاجم عوائل كانت منيعة ضده سابقاً. ويجب أن يكون ملاحظاً أن كل نوع نباتي يكون قابلاً للاصابة أو يهاجم بعدد قليل فقط من بين جميع أنواع الكائنات الممرضة المعروفة.

تكشف المرض في النبات Development of Disease in Plants

يصبح النبات مريضاً عندما يهاجم بكائن ممرض أو يتأثر بأي عامل حيوي، وبالتالي فانه حتى يحدث مرض فعلى الأقل هناك عنصرين (النبات والكائن الممرض) يجب أن يتصل كل منهما بالاخر، ويجب أن يحدث بينهما تداخل. واذا ما حدث في وقت التلامس أو بعده بمدة قصيرة أن كانت الظروف المحيطة باردة جداً أو حارة جداً، رطبة جداً او حالات أخرى متجاوزة الوضع الطبيعي، فان الكائن الممرض قد لا يكون قادراً على المهاجمة أو أن النبات قد يكون مقاوماً للاصابة. وبالرغم من أن النبات والكائن الممرض يكونا متلامسين فانه لا يحدث تكشف للمرض. عندئذ يبدو بوضوح أن هناك عاملاً ثالثاً (الظروف البيئية في مستويات مناسبة) يجب أن تتوفر لتكشف المرض. إن كل واحداً من هذه العوامل الثلاثة يستطيع أن يظهر إختلافات كبيرة فعندما يتغير واحداً من هذه العناصر فان هذا يؤثر على درجة شدة المرض ضمن النبات الواحد وضمن التجمعات النباتية، فمثلاً يمكن أن يكون النبات من الأنواع أو الاصناف التي تكون تقريباً مقاومة للكائن الممرض أو تكون حديثة النمو جداً أو متقدمة جداً في العمر، أو نباتات تكون مغطية لمساحات واسعة وتظهر تماثل وراثي، كل ما سبق يستطع إما أن يخفض أو يزيد معدل تكشف المرض عند الاصابة بكائن ممرض معين. قد يكون الكائن الممرض من سلالة شديدة، وقد يكون موجوداً بأعداد صغيرة أو كبيرة الى حد

بعيد، وقد يكون في طور السكون او قد يكون بحاجة الى غشاء من الماء او الى عامل خاص، فعند عدم توفر الماء او العامل الخاص فان هذا يؤثر على حدوث المرض وشدته. قد تؤثر البيئة على كل من النمو والمقاومة في العائل وأيضاً على معدل نمو أو تكاثر ودرجة الشدة للكائن الممرض بالاضافة الى انتشاره بالرياح، الماء، العامل الناقل وهكذا.

إن تداخل العناصر الثلاثة للمرض قد صورت على شكل مثلث (شكل ٥) يشار إليه بشكل عام مثلث المرض. كل ضلع من هذا المثلث يمثل واحداً من الثلاثة عناصر. إن قياس كل ضلع يكون متناسباً مع حاصل جمع كل الصفات التى تناسب المرض. فمثلاً إذا كانت النباتات مقاومة، العمر غير المناسب او مزروع على مسافات واسعة فان الضلع الذي يمثل العائل يكون صغير جداً او صفر، وهذا يمثل كمية المرض، بينما إذا كانت النباتات قابلة للاصابة وفي مرحلة نمو قابلة للاصابة او مزروعة بكثافة فان ضلع العائل سيكون طويلاً وإن كمية طاقة المرض تكون كبيرة. وبالمثل فانه في حالة زيادة الشدة المرضية وتوفر الكائن الممرض بكثرة وبشكل نشيط فان ضلع الكائن الممرض يكون أطول وزيادة كبيرة في كمية الطاقة المرضية. أيضاً كلما زادت الظروف البيئية المناسبة وهذا يساعد الكائن الممرض (مثلاً حرارة، رطوبة ورياح) او يقلل مقاومة العائل، فان هذا يسبب في زيادة طول ضلع الظروف البيئية وزيادة كبيرة في كمية الطاقة المرضية. اذا امكن تحديد مقاسات العناصر الثلاثة في مثلث المرض فان مساحة المثلث سوف تمثل كمية المرض في النبات او في التجمعات النباتية.



شكل رقم ٥ : مثلث المرض

مراحل تكشف المرض : دورة المرض Stages in the Development of Disease : The Disease Cycle:

في جميع الأمراض المعدية هناك سلسلة من الحوادث متميزة الى حد ما تحدث في تعاقب الواحد تلو الآخر وتؤدي الى ظهور ودوام المرض والكائن الممرض. هذه السلسلة من الحوادث تسمى دورة المرض Disease Cycle. إن دورة المرض في بعض الأحيان تتوافق تماماً وبدقة مع دورة حياة الكائن الممرض ولكنها تشير بشكل أساسي الى مظهر وتكشف ودوام المرض كما يبينها الكائن الممرض اكثر من إشارتها للكائن الممرض نفسه. تشمل دورة حياة المرض التغيرات في النبات والاعراض التي يظهرها النبات بالاضافة لتلك التي في الكائن الممرض وتقيس مدة المرض خلال موسم النمو ومن موسم نمو الى موسم نمو آخر. إن الحوادث الرئيسية في دورة المرض تتضمن، حقن، إختراق، توطيد الاصابة، استعمار المنطقة المخترقة، نمو وتكاثر الكائن الممرض، إنتشار الكائن الممرض، بقاء الكائن الممرض في غياب العائل وهذا يعني قضاء الشتاء أو قضاء الصيف (التشتية والتصييف) للكائن الممرض.

الحقن Inoculation

الحقن هو وصول الكائن الممرض واتصاله بالنبات. إن الكائن أو الكائنات الممرضة التي تقع على النبات أو بطريقة ما أصبحت متلامسة بالنبات تسمى اللقاح Inoculum. وبالتالي يكون اللقاح هو اي جزء من الكائن الممرض يستطيع أن يبدأ إصابة. وبالتالي في الفطريات فان اللقاح يمكن أن يكون أجزاءً من الميسيليوم، جراثيم او سيكلوروشيا (مجموعة ميسيليوم منضغطة وصلبة). في البكتيريا، ميكوبلازما، فيروسات والفيرويدات فان اللقاح يكون دائماً الافراد الكاملة من البكتيريا، ميكوبلازما، الفيروسات والفيرويدات بالترتيب. أما في النيماتودا فان اللقاح يمكن أن يكون النيماتودا اليافعة، يرقات النيماتودا، أو بيض النيماتودا. في النباتات الراقية المتطفلة فان اللقاح يمكن أن يكون أجزاءً من النبات أو بذوره. يمكن أن يتألف اللقاح من كائن ممرض بمفرده مثل جرثومة واحدة أو مجموعه حلايا (سكلوروشيم) أو ملايين من أفراد الكائن الممرض، مثل البكتيريا المحمولة في نقطة ماء. إن الوحدة الواحدة من لقاح اى كائن ممرض تسمى بروباجيولا Propagule.

أنواع اللقاح Types of Inoculum

إن اللقاح الذي يبقى حياً خلال الشتاء أو الصيف ويسبب الاصابة الأصلية في الربيع أو في الخريف يسمى لقاح إبتدائي والاصابات التي يسببها تسمى اصابات إبتدائية. اللقاح الناتج من الاصابات الابتدائية يسمى اللقاح الثانوي وهذا بدوره يسبب اصابات ثانوية، وبشكل عام فانه كلما كان اللقاح الابتدائي متوفراً بكثرة ومحكم على المحصول كلما كانت شدة المرض والخسائر الناتجة كثيرة.

مصادر اللقاح Source of Inoculum

في بعض الاحيان يكون اللقاح موجوداً اساساً في بقايا النبات او في تربة الحقل حيثما يزرع النبات، احياناً أخرى فانه يأتي الى الحقل مع البذور، نباتات منقولة، درنات او وسائل التكاثر الاخرى او يمكن أن يصل من مصادر خارج الحقل. إن مصادر اللقاح الخارجية يمكن أن تكون النباتات المجاورة او الحقول المجاورة او الحقول التي تبعد عدة أميال. في كثير من أمراض النبات، خاصة التي تصيب المحاصيل الحولية فان اللقاح يبقى حياً في الأعشاب المعمرة او العوائل البديلة، وفي كل موسم فانه يحمل منها الى النباتات الحولية والى نباتات أخرى. إن الفطريات، البكتيريا، نباتات راقية متطفلة والنيماتودا إما أن تنتج لقاحها على سطح النباتات المصابة أو يصل لقاحها سطح النبات عندما تتحطم الأنسجة المصابة. أما كل من الفيروسات، الفيرويدات، ميكوبلازما والبكتيريا الحساسة تنتج لقاحها داخل النبات، مثل هذا اللقاح لا يصل أبداً سطح النبات في الطبيعة وبالتالي لا يستطيع من تلقاء ذاته أن يخرج من نبات وينتشر الى نبات آخر.

هبوط أو وصول اللقاح

يحمل اللقاح في معظم الكائنات الممرضة الى نباتات العائل، نقل غير فعال، بواسطة الرياح، الماء الحشرات. إن اللقاح المحمول بالهواء عادة ما يترك الهواء ويسقط على سطح النبات ليس فقط بسبب الجاذبية ولكن يبدو أنه يغسل بالمطر. فقط أجزاء صغيرة جداً من

اللقاح المنتج تهبط فعلياً على نباتات العائل القابلة للاصابة، يسقط معظم اللقاح على أشياء لا يمكن أن تصاب. تكون بعض أنواع اللقاح في التربة، مثال ذلك الجراثيم الهدبية والنيماتودا وهذه يمكن أن تجذب الى النبات العائل بواسطة مواد مثل السكريات والاحماض الأمينية تنتشر خارج الجذور من النبات، الكائنات الممرضة المنقولة بعوامل ناقلة عادة تحمل الى عوائلها النباتية بكفاءة عالية جداً.

ظواهر قبل الإختراق

اولاً : - إنبات الجراثيم والبذور

جميع الكائنات الممرضة في حالتها الخضرية تكون قادرة فوراً على احداث اصابة أولية، إن الجراثيم الفطرية وبذور النباتات الراقية المتطفلة يجب أن تنبت اولاً، ولأجل ذلك فهي تحتاج الى حرارة مناسبة وكذلك رطوبة على شكل مطر، ندى، أو غشاء من الماء على سطح النبات او على الاقل رطوبة نسبية عالية. إن الظروف الرطبة يجب أن تستمر مدة كافية للكائن حتى يخترق، والا فانه يجف ويموت. تستطيع معظم الجراثيم أن تنبت فوراً بعد نضجها وانطلاقها، ولكن الجراثيم الاخرى المسماة الجراثيم الساكنة Resting Spores تتطلب فترة كمون لمدد مختلفة قبل أن تستطيع الانبات. عندما تنبت الجرثومة فانها تعطى أنبوبة إنبات، وهذا يعني الجزء الأول من الميسيليوم الذى يستطيع أن يخترق النبات العائل. بعض الجراثيم الفطرية تنبت وذلك باعطاء جراثيم أخرى مثل الجراثيم الهدبية أو الجراثيم البازيدية.

إن إنبات الجراثيم غالباً ما يتلائم مع مغذيات تنتشر من سطح النبات، كلما زاد افراز هذه المغذيات (سكريات وأحماض أمينية) من سطح النبات كلما زاد عدد الجراثيم النابتة وزادت سرعة إنباتها. في بعض الحالات فان إنبات الجرثومة لبعض الكائنات الممرضة يشجع فقط بواسطة افرازات النباتات القابلة للاصابة بذلك الكائن. في حالات أخرى فان إنبات الجراثيم يمكن أن يثبط الى حد كبير أو قليل بواسطة مواد تنطلق في الماء المحيط اما بواسطة النبات او بواسطة مواد تحتويها الجراثيم نفسها خاصة عندما تكون الجراثيم بتركيزات عالية، وبواسطة الكائنات الدقيقة الرمية الموجودة طبيعياً على أو بالقرب من سطح النبات.

تتعايش الفطريات في التربة مع أنواع كثيرة من الكائنات الحية الدقيقة المتضادة التي تتسبب في وجود بيئة تتميز بالمجاعة وبوجود مواد سامة ناتجة من عمليات التمثيل الأيضي، ونتيجة لذلك فان كثيراً من جراثيم فطريات التربة غالباً لا تكون قادرة على الانبات في بعض أنواع الأراضي وهذه الظاهرة تسمى التوقف الفطري Fungistasis أو أن أنابيب الانبات تسقط وتتحلل بسرعة. تعرف الاراضي التي تحدث فيها مثل هذه الظاهرة باسم الأراضي الكابته Suppressive Soils. إن التوقف الفطري عادة ما يبطل أو يضاد بواسطة افرازات جذر نباتات العائل النامية بالقرب منها وبعد ذلك تكون الجراثيم قادرة على الانبات والاصابة.

بعد إنبات الجراثيم فان أنبوبة الإنبات الناتجة يجب ان تنمو، أو أن الجراثيم الثانوية المتحركة (Zoospores) يجب أن تتحرك باتجاه مكان معين على سطح النبات الذي يمكن أن يحدث عليه الاختراق الناجح. إن عدد وطول ومعدل نمو الانابيب الجرثومية (او عدد الجراثيم المتحركة) يمكن أن يتأثر بواسطة عوامل فيزيائية مثل درجة الحرارة والرطوبة، ويمكن أن يتأثر أيضاً بنوع وكمية الافرازات التي يفرزها النبات على سطحه وما تحتويه البيئة المحيطة -mi croflora من كائنات رمية. إن نمو الانابيب الجرثومية في اتجاه اماكن الاختراق الناجح يبدو أنه ينظم بعدة عوامل منها : ١ – رطوبة زائدة أو مواد كيماوية مشجعة تكون مرافقة لتلك الفتحات مثل الجروح، الثغور والعديسات ٢ – تلامس (Thigmotropic) يستجيب لطبوغرافية سطح الورقة جاعلاً نمو الانابيب الجرثومية بشكل زوايا قائمة على ضلوع الكيوتكل التي تكون عادة محيطة بالثغر وهذه النموات تصل أخيراً الى الثغر. ٣ – إستجابات غذائية للأنابيب الجرثومية باتجاه تركيزات عالية من السكر والأحماض الأمينية الموجودة على طول الجنور. إن إتجاه حركة الجراثيم الهدبية يكون أيضاً منظماً بعدة عوامل مشابهة وهذا يعني وجود مواد كيماوية حاثة تنطلق من الثغور او الجروح او من منطقة الاستطالة في الجنور. وأيضاً فان وجود منبهات فيزيائية ذات علاقة بتركيب الثغر المفتوح ونسبة المغذيات الموجودة في الجرح او افرازات الجذر له علاقة باتجاه حركة الجراثيم الهدبية.

يكون إنبات البنور باعطاء جذير، وهذا إما أن يخترق النبات العائل او يكون نباتاً صغيراً يخترق النبات العائل بواسطة أعضاء تغذية متخصصة تسمى ممصات. إن معظم الظروف

الموصوفة سابقاً كما تؤثر على إنبات الجراثيم وعلى إتجاه نمو الأنابيب الجرثومية فانها تؤثر أيضاً على البذور.

ثانياً : - فقص بيض النيماتودا :

يتطلب بيض النيماتودا أيضاً ظروفاً مناسبة من الحرارة والرطوبة لينشط ويفقص. في معظم أنواع النيماتودا فان البيضة تحتوى على الطور اليرقي الأول قبل أو بعد وضع البيضة مباشرة، وهذه اليرقة يحصل لها فوراً إنسلاخات تؤدي إلى ظهور الطور اليرقي الثاني وهذا يمكن أن يبقى كامناً في البيضة لمدد مختلفة من الزمن، وبالتالي في النهاية عندما تنقص البيضة يكون الطور اليرقي الثاني هو الذي يخرج منها وهو إما أن يصل ويخترق النبات العائل أو يمر في انسلاخات أخرى ينتج عنها الأطوار اليرقية الاخرى واليافعة.

إذا ما حدث وأن أصبحت النيماتودا قريبة تماماً من جذور النبات، فانها تنجذب الى الجذور ببعض العوامل الكيماوية الخاصة التي تكون مرافقة لنمو الجذر خاصة ثاني أكسيد الكربون وبعض الأحماض الأمينية. يمكن أن تنتشر هذه العوامل ويمكن أن يكون لها تأثيراً جاذباً على النيماتودا الموجودة على بعد بضع سنتمترات من الجذر. تنجذب النيماتودا بشكل عام الى الجذور سواء كانت جذور نبات عائل أو غير عائل، ومع ذلك فان هناك بعض الحالات التي يمكن أن تكون فيها النيماتودا منجذبة أكثر الى جذور نباتات العائل.

ثالثاً : - إرتباط الكائن الممرض مع العائل.

إن الكائنات الممرضة مثل الفيروسات، المايكوبلازما، البكتيريا شديدة الحساسية ووحيدة الخلية جميعها تدخل مباشرة الى خلايا النبات بواسطة العوامل الناقلة لها، ومن المحتمل أنها تحاط فوراً بالسيتوبلازم والأغشية السيتوبلازمية. ومن ناحية أخرى فان جميع الفطريات، البكتيريا والنباتات الراقية المتطفلة، كثيراً ما تكون في البداية متلامسة مع السطح الخارجي لأعضاء النبات قبل أن تستطيع أن تخترق وتستعمر العائل. يجب اولاً أن تصبح مرتبطة مع سطح العائل. إن الوحدات التكاثرية لهذه الكائنات الممرضة تمتلك على سطحها أغلفة لزجة

متكونة من مزيج من السكريات المتعددة، جلايكوبروتين وبلومرات من الهكسوساميتين، ومواد ليبفية، وهذه المواد عندما تترطب تصبح لزجة وتساعد الكائن المرض في التصاقه بالنبات. بعد التميه Hydration كما في إنبات البذور والجراثيم فان أنابيب الإنبات أيضاً تنتج مواد لزجة لتسمح لهذه الأنابيب أن تلتصق بسطح الكيوتكل للعائل إما على طول الانابيب كاملة أو قمة أنبوبة الانبات فقط. غالباً ما يظهر تغيراً في جدر الخلية وفي تركيب كيوتكل العائل في منطقة تلامس أنبوبة الانبات مع سطح العائل. ومن المحتمل أن يكون هذا نتيجة أنزيمات التحلل التي تحتويها الأغلفة اللزجة.

رابعاً : - التميز في ما بين الكائن الممرض والعائل : -

لا يزال من غير الواضح كيف تميز الكائنات المرضة عوائلها والعكس بالعكس. من المفروض أنه عندما يصبح الكائن المرض متلامساً مع خلية العائل أن هناك حوادث مبكرة تأخذ مجراها وتحدث إستجابة سريعة وواضحة في كل كائن، وبالتالي إما أن تسمح أو تعوق تقدم نمو الكائن المرض ويتوقف تكشف المرض. إن طبيعة هذه الحوادث المبكرة غير معروفة بدون ادنى شك في أي إتحاد بين العائل والطفيل، ولكن يمكن أن تكون واحدة من العديد من المواد البيوكيميائية او التركيبات او السلوك البيوكيميائي. إن هذه المواد او التركيبات او السلوك من الممكن أن تشمل ١ - جزيئات نوعية مثيرة منتجة بواسطة احدى الكائنات الحية والتي تحث على تكوين منتجات نوعية بواسطة كائن حي آخر ٢ - إنتاج التوكسينات الخاصة بالعائل والتي تتفاعل مع أماكن مستقبلة معينة في العائل او ٣ - تشمل على إنطلاق هرمونات تؤثر على نمو وتطور الكائن الاخر ٤ - او تشمل على أنزيمات والتي من الممكن أن تغير جدار أو أغشية الخلية ٥ - او تشمل مواد حاثة على تنشيط الطرق التفاعلية الانزيمية الكامنة ٦ - او تشمل على مواد كُلاَّبية تغير النفاذية الغشائية وتؤثر على التوازن الأيوني ٧ - تشمل مواد عديدة التسكر التي تتداخل مع مرور الماء والمواد الغذائية ٨ - أو تشمل على بروتينات أو جلوكوبروتين والتي تؤثر في جدار الخلية أو في السكريات العديدة التي في غشاء الخلية.

عند وصول اشارة التمييز الأولية للكائن المرض بتسهيل النمو والتكشف فيمكن أن يحدث المرض واذا ما ثبطت الاشارة نمو ونشاط الكائن المرض فان المرض يمكن أن يتوقف. ومن ناحية أخرى فاذا ما تسلمت منبهات العائل إشارة التميز الأولية بتكوين تفاعلات دفاعية فان نمو ونشاط الكائن المرض يمكن أن ينخفض او يتوقف ويمكن أن لا يتكشف المرض. وإذا كانت الإشارة اما تثبيط او تجنب التفاعلات الدفاعية للعائل فيمكن أن يتكشف المرض.

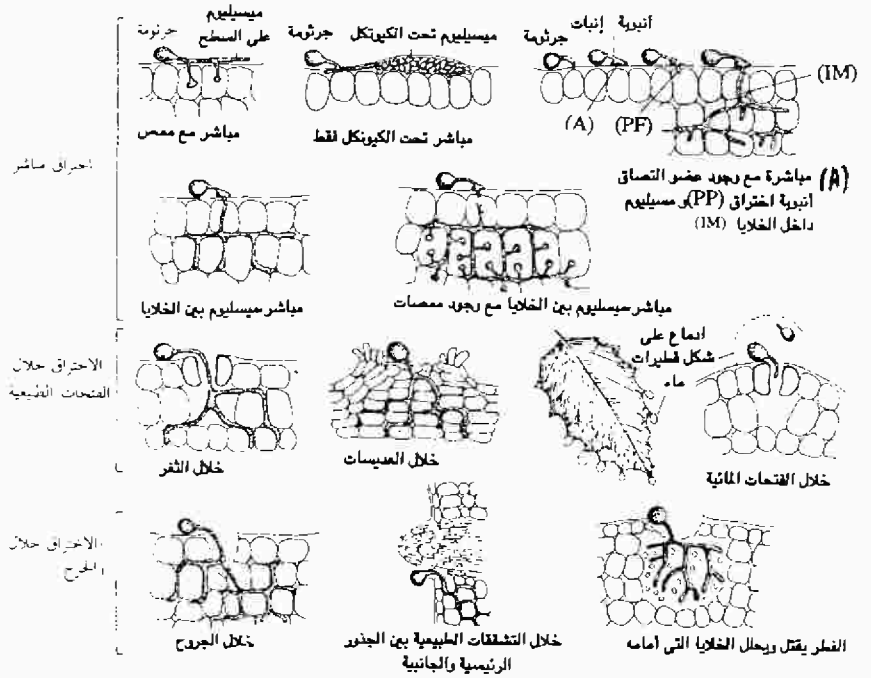
الاختراق : - Penetration

تخترق الكائنات المرضة سطوح النبات بالاختراق المباشر أو خلال الفتحات الطبيعية أو خلال الجروح. بعض الفطريات تخترق الأنسجة بطريقة واحدة فقط، البعض الآخر يخترق بأكثر من طريقة. تدخل البكتيريا النباتات غالباً خلال الجروح وقليل منها خلال الفتحات الطبيعية ولا تخترق مباشرة إطلاقاً. الفيروسات الفيرويدات، ميكوبلازما، والبكتيريا شديدة الحساسية تدخل عن طريق الجروح الناتجة بواسطة الناقل، مع أن بعض الفيروسات والفيرويدات يمكن أيضاً أن تدخل خلال الجروح الحادثة بواسطة الآلات ووسائل أخرى. تدخل النباتات الراقية المتطفلة عوائلها بالاختراق المباشر، تدخل النيماتودا النباتات بالاختراق المباشر وفي بعض الأحيان خلال الفتحات الطبيعية.

الاختراق لا يؤدي دائماً إلى الاصابة، كثيراً من الكائنات الحية تخترق حقيقة خلايا النباتات التي ليست قابلة للاصابة بتلك الكائنات الحية والتي لا تصبح مريضة، هذه الكائنات الحية لا تستطيع أن تواصل إلى ما بعد طور الاختراق وتموت دون أن تنتج مرضاً.

الاختراق المباشر خلال السطوح السليمة للنبات : -

ربما تكون هذه الطريقة أكثر أنواع الاختراق شيوعاً في الفطريات والنيماتودا، والنوع الوحيد للاختراق في النباتات الراقية المتطفلة. لا يوجد من الكائنات المرضة الأخرى من يستطيع دخول النباتات عن طريق الاختراق المباشر.



شكل-٦

طرق الاختراق والدخول بواسطة البكتيريا

شكل-٧ الاختراق والدخول بواسطة البكتيريا

الاختراق والدخول بواسطة النيماتودا

شكل-٨

طرق اختراق ودخول النيماتودا

إن الفطريات التي تخترق عوائلها النباتية مباشرة تفعل ذلك عن طريق هيفا دقيقة أو عضو التصاق Appressorium (شكل ٦ ، ٩ ، ١٠) كلاهما تتكون في منطقة ملامسة أنبوبة الانبات أو الميسيليوم بسطح النبات. تنمو الهيفا الدقيقة باتجاه سطح النبات وتثقب الكيوتكل والجدار الخلوي عن طريق قوة ميكانيكية وانزيمات ملينة لمواد جدار الخلية. معظم الفطريات تكون عضو التصاق في نهاية أنبوبة الانبات، يكون عضو الالتصاق عادة منتفخاً أو اسطوانياً وسطحه منبسط في منطقة اتصاله بسطح العائل النباتي، وبعد ذلك تنمو هيفا دقيقة تسمى عادة أنبوبة الاختراق Penetration Peg من السطح المنبسط لعضو الالتصاق باتجاه العائل وتثقب الكيوتكل وجدار الخلية. تكون أنبوبة الاختراق عادة ذات قطر أصغر من هيفا الفطر العادية ولكنها تسترد قطرها العادي اذا ما دخلت تجويف الخلية. في معظم الأمراض الفطرية فإن الفطر يخترق كيوتكل النبات وجدار الخلية ولكن في بعض الأمراض مثل جرب التفاح فإن الفطر يخترق فقط الكيوتكل ويمكث بين الكيوتكل وجدار الخلية.

تكون النباتات الراقية المتطفلة أيضاً عضو التصاق وأنبوبة اختراق في منطقة اتصال الجذير بالنبات العائل والاختراق يكون مشابهاً لما هو حادث في الفطريات.

الاختراق المباشر في النيماتودا يتم بواسطة تكرار عملية غرز رمحها مجيئة وذهاباً وهذا في النهاية يخلق فتحة صغيرة في جدار الخلية وترسل النيماتودا رمحها داخل الخلية أو تدخل النيماتودا بكاملها في الخلية. (شكل ٨).

الاختراق عن طريق الجروح :

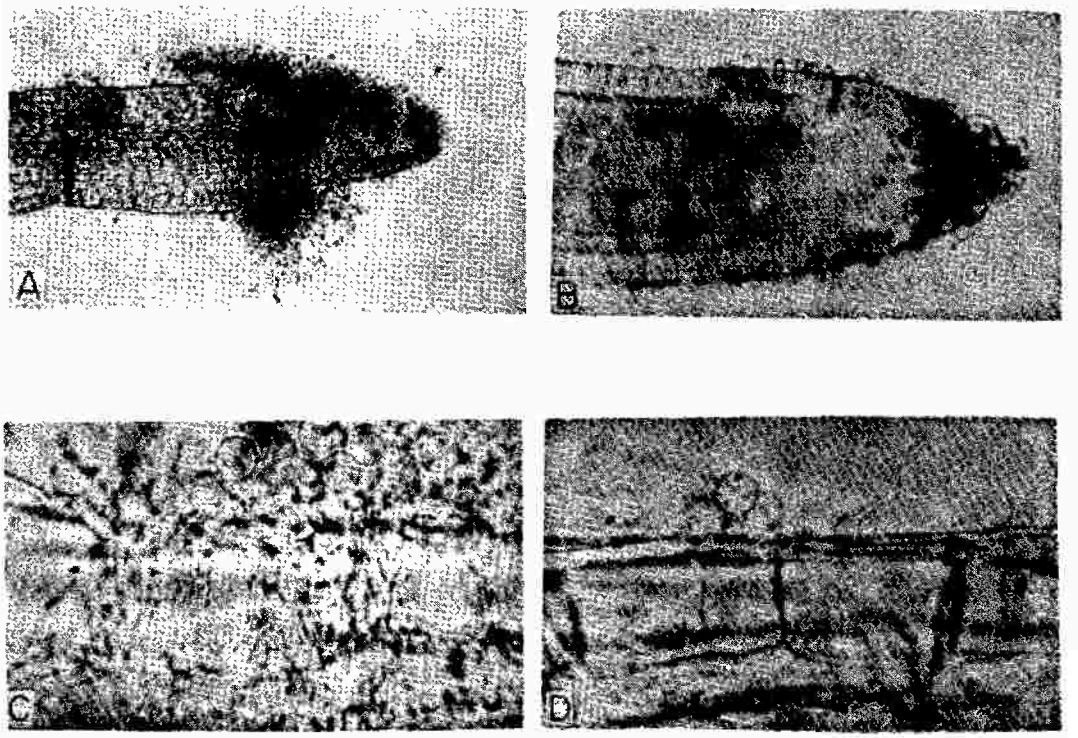
تستطيع كل البكتيريا ومعظم الفطريات وبعض الفيروسات وكل الفيرويدات دخول النباتات عن طريق أنواع مختلفة من الجروح (شكل ٦ ، ٧) وفي الطبيعة فان الفيروسات، ميكوبلازما، والبكتيريا الوعائية شديدة الحساسية تدخل النباتات عن طريق الجروح المتكونة بواسطة ناقلاتها. إن الجروح التي تستخدم بواسطة البكتيريا والفطريات يمكن أن تكون حديثة

أو قديمة وممكن أن تتألف من أنسجة ممزقة أو ميتة. هذه الكائنات المرضة يمكن أن تنمو مدة قصيرة الأمد على مثل تلك الأنسجة قبل تقدمها إلى الأنسجة السليمة. إن تمزق أو موت الأنسجة من الممكن أن يكون نتيجة: ١) عوامل بيئية مثل كسور ناتجة عن الرياح، أو الاحتكاك، عواصف رملية، برد، تجمد، الاحتراق بالحرارة، نار. ٢) تغذية الحيوان مثل حشرات، نيماتودا، ديدان، حيوانات كبيرة ٣) عمليات زراعية يقوم بها الانسان مثل الحراثة، التعشيب، التقليم، التطعيم، نقل النباتات، الرش، الحصاد. ٤) أضرار تحدث بالنبات ذاتيا مثل ندب الورقة، تشققات الجنور. ٥) وأخيرا عن جروح أو بقع تتسبب عن كائنات ممرضة اخرى. ان البكتيريا والفطريات التي تخترق عن طريق الجروح تنمو بوضوح أو تتضاعف في العصارة الموجودة في الجروح الحديثة أو في طبقة من ماء المطر أو الندى موجودة على الجرح. وبعد ذلك فإن الكائن المرض يخترق خلايا النبات الملاصقة مباشرة أو عن طريق ممصات Haus-toria أو أنه يفرز الأنزيمات والتوكسينات التي تقتل وتفكك الخلايا القريبة.

إن اختراق الفيروسات، ميكوبلازما، والبكتيريا شديدة الحساسية، عن طريق الجروح يعتمد على تجميع هذه الكائنات المرضة بواسطة ناقلاتها (الحشرات للثلاثة كائنات المذكورة، وكذلك النيماتودا والحلم والفطريات للفيروسات، أيدي الانسان والأدوات لبعض الفيروسات والفيرويدات)، في الجروح الحديثة المتكونة في وقت الحقن. في معظم الحالات فإن هذه الكائنات المرضة تكون محمولة بواسطة نوعاً واحداً أو عدة أنواع من الناقلات الخاصة ويمكن حقنها بنجاح فقط عندما تجلب إلى النبات بواسطة هذه الناقلات الخاصة.

الاختراق عن طريق الفتحات الطبيعية : -

إن كثيرا من الفطريات والبكتيريا تدخل النباتات عن طريق الثغور وبعضها يدخل عن طريق الغدد المائية، الغدد الرحيقية والعديسات (شكل ٦، ٧)، تكون معظم الثغور موجودة بأعداد كبيرة على السطح السفلي لأوراق النبات قياسها حوالي (١٠ - ٢٠) X (٥ - ٨) ميكرون، وهي تكون مفتوحة أثناء النهار ولكنها تكون مغلقة تقريبا أثناء الليل.تستطيع البكتيريا الموجودة في غشاء رقيق من الماء فوق الثغر أن تسبح بسهولة خلال الثغر وفي الفجوة تحت الثغرية حيث هناك يمكنها أن تتضاعف وتبدأ الاصابة. تنبت الجراثيم الفطرية



شكل ٩

إنجذاب الجراثيم الهدبية للفطر *Phytophthora cinnamomi* إلى جذور نوعين من العنبية (B,A) وإصابة الجذور بالجراثيم الهدبية (C.D) إنجذاب الجراثيم الهدبية إلى الجذور بعد ساعة واحدة من الحقن (B,A). والاصابة وبناء المستعمرات على الجذور بعد ٢٤ ساعة (C.D) وهي كبيرة في شجيرات العنبية الكبيرة القابلة للاصابة (A,C) أكبر منها في عنبية عين الأرنب المقاومة (B.D).

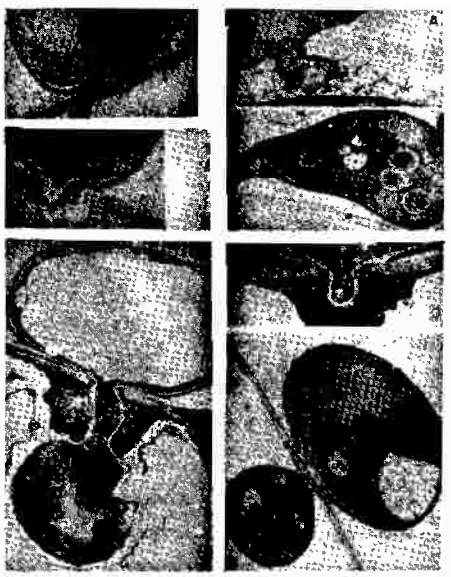
عادة على سطح النبات، ويمكن أن تنمو أنبوبة الانبات بعد ذلك خلال الثغر وبالتالي فإن أنبوبة الأنبات كثيرا ما تشكل عضو التصاق مناسب ومحكم فوق الثغر، وعادة فإن هيفا واحدة دقيقة تنمو من عضو الالتصاق إلى داخل الثغر (شكل رقم ١١). تتسع الهيفا في الغرفة تحت الثغرية وينمو منها واحدة أو عديداً من الهيفات الصغيرة والتي تغزو حقيقة خلايا النبات العائل مباشرة أو عن طريق المصات. مع أن بعض الفطريات تستطيع أن تخترق بوضوح حتى الثغور المغلقة، إلا أن البعض الآخر يخترق الثغور فقط عندما تكون مفتوحة، وبعض الفطريات مثل فطريات البياض الدقيقي يمكنها أن تنمو فوق الثغور المفتوحة دون أن تدخلها.

الغدد المائية هي ثقوب مفتوحة دائما، تقريبا، وتوجد على حافة وقمة الأوراق وهي متصلة بالعروق وتفرز قطيرات صغيرة من سائل يحتوى على مواد غذائية مختلفة. بعض البكتيريا تستعمل هذه الثقوب كوسيلة لدخولها للأوراق ولكن قليلاً من الفطريات تبدو وكأنها تدخل النباتات عن طريق الغدد المائية، بعض البكتيريا تدخل الأزهار أيضا عن طريق غدد الرحيق والتي تشبه الغدد المائية.

العديسات هي الفتحات الموجودة على الثمار، الساق، الدرنات.. الخ. والتي تكون مملوءة بخلايا مفككة وذلك لتسمح بمرور الهواء. تكون العديسات مفتوحة خلال موسم النمو، وبالرغم من ذلك فإن نسبة قليلة من الفطريات والبكتيريا تخترق الأنسجة عن طريق العديسات وأنها تنمو وتتقدم غالبا بين الخلايا. معظم الكائنات الممرضة التي تخترق عن طريق العديسات يمكنها أيضا الدخول عن طريق الجروح. اختراق العديسات يبدو بوضوح أنه أقل كفاءة وهو مسلك ثانوي.

الأصابة Infection

الاصابة هي العملية التي بواسطتها يقيم الكائن الممرض علاقة وثيقة الاتصال مع الخلايا أو الأنسجة القابلة للاصابة من العائل ويتحصل على مواد غذائية منها. أثناء الاصابة فإن الكائن الممرض ينمو أو يتكاثر داخل أنسجة النبات ويغزو ويستعمر النبات بدرجة قليلة أو كثيرة وبالتالي فان غزو أنسجة النبات بواسطة الكائن الممرض ونمو وتكاثر الكائن الممرض في أو على الأنسجة المصابة هما حقيقة مرحلتان مساعدتان لتكشف المرض خلال طور الاصابة.



شكل ١٠

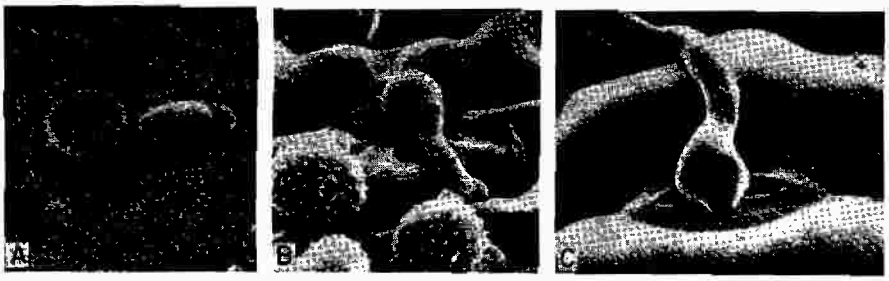
صورة بالميكرسكوب الالكتروني للاختراق المباشر للفطر *Colletotrichum graminicola* في خلايا البشرة في الورقة.

المجموعة A تشمل : a تكشف عضو الالتصاق من الجرثومة الكونيدية. لاحظ القضبان الشمعية (الأسهم) على سطح الورقة b, عضو التصاق ناضج مفصول عن أنبوبة الانبات بواسطة حاجز.

المجموعة B وتشمل a; تكوين أنبوبة الاختراق في مركز اتصال عضو الالتصاق مع جدار الخلية ,b تركيب يشبه اللوماسومات في أنبوبة الاختراق والذي قد اخترق جدار الخلية وتكونت حلمة صغيرة بواسطة الخلية المهاجمة.

المجموعة C، تكشف هيفا الاختراق وتشمل :a أنبوبة الاختراق تخترق الحلمة،b, عضو الالتصاق وهيفا الاختراق المنتفخة بعد الدخول.

مجموعة D، بعد اكتمال الاختراق وتوطيد الاصابة، فإن عضو الالتصاق يتألف غالباً من حويصلة كبيرة تفصل عن هيفا الاختراق بواسطة حاجز.



شكل ١١

الفحص بالميكروسكوب الالكتروني لتكوين عضو الالتصاق والاختراق خلال الثغر، وذلك في فطر صدأ الفاصوليا **Uromyces phaseoli**

A جرثومة يوريدية، أنبوبة إنبات قصيرة وعضو التصاق كبير مسطح متكوناً على الغشاء.

B جرثومة يوريدية، أنبوبة إنبات وعضو التصاق متكون بعد ستة ساعات من الانبات فوق ثغر مقفل في ورقة الفاصوليا.

C عضو التصاق صغير فوق ثغر مفتوح في ورقة الفاصوليا.

تفضي الاصابات الناجحة إلى ظهور تلون، تشوهات أو مناطق متقرحة على النباتات العائل والتي تسمى أعراض. بعض الاصابات تبقى كامنة، هذا يعني أنها لا تنتج أعراض بطريقة سليمة ولكن تظهر الأعراض في وقت متأخر عندما تكون الظروف البيئية أكثر ملائمة أو على أطوار النضج المختلفة للنبات.

جميع التغيرات المرئية في مظهر النباتات المصابة تشكل أعراض المرض. ويمكن أن تتغير الاعراض باستمرار من لحظة ظهورها حتى موت النبات بأكمله، أو أنها تتطور إلى مرحلة عندها تبقى بدون تغير إلى حد ما، حتى بقية موسم النمو. يمكن أن تظهر الأعراض حالما

ينقضي ٢ – ٤ أيام بعد الحقن كما يحدث في بعض أمراض الفيروسات المتمركزة في النباتات العشبية أو تتأخر حوالي ٢ – ٣ سنوات بعد الحقن كما في حالة بعض الفيروسات، الميكوبلازما وأمراض أخرى في بعض الأشجار. في معظم أمراض النبات (على أية حال) فإن الأعراض تظهر بعد بضع أيام إلى بضع أسابيع من الحقن.

تسمى المدة الزمنية الواقعة بين الحقن وظهور الأعراض المرضية فترة حضانة Incubation period إن مدة فترة الحضانة للأمراض المختلفة تختلف حسب الكائن المسبب للمرض نفسه ومدى توافقه مع العائل وحسب مرحلة تكشف العائل وحسب درجة الحرارة في بيئية النبات المصاب.

أثناء الاصابة فإن بعض اكائنات المرضة تحصل على مواد غذائية من الخلايا الحية، غالبا بدون قتل الخلايا، أو على الأقل تبقى الخلايا حية ولكن ليس لمدة طويلة، بعض الكائنات المرضة الأخرى تقتل الخلايا وتستعمل مكوناتها حال دخولها إليها، والبعض الآخر يستمر في قتل الخلايا ويخرب الأنسجة الموجودة والمحيطة بالكائن المرض المهاجم. أثناء الاصابة تطلق الكائنات المرضة في العائل عدداً من المواد النشيطة حيويا (مثل أنزيمات، توكسينات، منظمات نمو) وهذه يمكنها أن تؤثر على سلامة تركيب خلايا العائل أو على عملياته الفسيولوجية، واستجابة لتلك المواد فإن العائل يتفاعل بميكانيكيات دفاعية مختلفة والتي تفضي إلى درجات مختلفة لوقاية النبات من الكائن المرض.

لكي تحدث الاصابة الناجحة لا يكفي أن يصل الكائن المرض ويتصل بعائله، ولكن هناك عديداً من الظروف يجب أن تكون متوفرة وقائمة، أولها جميعا يجب أن يكون الصنف النباتي قابلا للاصابة بالسلالة الخاصة من الكائن المرض – في الحالة التي يقال فيها أن سلالة الكائن المرض شديدة على ذلك الصنف من العائل النباتي – ثانيا – يجب أن يكون العائل النباتي في طور قابل للاصابة نظرا لأن بعض الكائنات المرضة تهاجم فقط البادرات الحديثة والبعض الآخر يهاجم فقط النباتات الناضجة أو التي في طور الشيخوخة، وبعضها يصيب فقط الأوراق، وبعضها يصيب فقط الأزهار أو الثمار أو فقط الثمار الناضجة.

ثالثا - يجب أن يكون الكائن الممرض في طور ممرض مثال ذلك الميسيليوم الفطري أو جراثيم أو بذور يمكنها أن تنبت وتصيب مباشرة دون الحاجة إلى راحة (كمون) قبل أن تستطيع إحداث الاصاب، أو الأطوار اليرقية المعدية أو النيماتودا اليافعة.

رابعا - وأخيرا ظروف الحرارة والرطوبة في بيئة النبات يجب أن تناسب نمو وتكاثر الكائن الممرض. عندما تحدث هذه الظروف في الدرجة المثلى فإن الكائن الممرض يستطيع أن يغزو العائل النباتي بأقصى امكانية له حتى فى وجود دفاعات نباتية وكنتيجة لذلك يتكشف المرض.

الغزو Invasion

تغزو الكائنات الممرضة المختلفة عوائلها بطرق مختلفة وبدرجات متفاوتة (شكل ٦ ، ٧، ٨) بعض الفطريات مثل تلك المسببة جرب التفاح والبقعة السوداء في الورد، تنتج ميسيليوم ينمو فقط في المنطقة بين الكيوتكل والبشرة الخارجية Subcuticular ، البعض الآخر مثل تلك المسببة البياض الدقيقي ينتج ميسيليوم على سطح النبات فقط ولكنها ترسل ممصات في داخل خلايا البشرة. تنتشر معظم الفطريات في جميع أنسجة أعضاء النبات (أوراق، سيقان، جذور.. الخ) إنها تهاجم إما بالنمو مباشرة خلال الخلايا (ميسيليوم داخل الخلايا) أو بنموها بين الخلايا (ميسيليوم بين الخلايا) الفطريات المسببة لأمراض الذبول الوعائي تغزو أوعية الخشب في النباتات. تغزو البكتيريا الأنسجة وتوجد بين الخلايا، وبالرغم من ذلك فإنه عندما تثوب اجزاء من جدار الخلية فإن البكتيريا تنمو أيضاً داخل الخلايا. البكتيريا المسببة للذبول الوعائي تشبه فطريات الذبول الوعائي في كونها تغزو الأوعية الخشبية. معظم النيماتودا تغزو الأنسجة وتعيش بين الخلايا ولكن بعضها يمكنه غزو النبات ويعيش داخل الخلايا كما هو بين الخلايا. كثيراً من النيماتودا لا تغزو الأنسجة أو الخلايا اطلاقا ولكنها تتغذى بواسطة ثقب خلايا البشرة برمحها.

الفيروسات، الفيرويدات، الميكوبلازما والبكتيريا شديدة الحساسية تغزو الأنسجة بواسطة تحركها من خلية إلى أخرى وهي داخل الخلايا. الفيروسات والفيرويدات تغزو جميع أنواع

الخلايا الحية في النبات، الميكوبلازما تغزو الأنابيب الغربالية للحاء وأحيانا تغزو قليلا من خلايا اللحاء البارانشيمية الملاصقة. بينما البكتيريا شديدة الحساسية تغزو إما الأوعية الخشبية أو أنابيب اللحاء الغربالية.

إن كثيرا من الاصابات المتسببة عن فطريات، بكتيريا، نيماتودا، فيروسات ونباتات راقية متطفلة تكون موضعية هذا يعني أنها تستخدم خلية مفردة، مجموعة خلايا أو منطقة صغيرة من النبات. هذه الاصابات يمكن أن تبقى محددة خلال موسم النمو أو قد تتوسع قليلا أو ببطء شديد. هناك اصابات أخرى تتوسع بسرعة إلى حد ما ويمكنها أن تشمل كل أعضاء النبات مثل الزهرة، الثمرة، الورقة أو جزء كبير من النبات مثل الأفرع أو النبات بأكمله.

إن جميع الاصابات التي تتسبب عن ميكوبلازما والبكتيريا شديدة الحساسية وجميع الاصابات الطبيعية المسببة عن فيروسات وفيرويدات تكون جهازية، هذا يعني أن الكائن الممرض ينتشر من نقطة الابتداء ويغزو معظم أو كل الخلايا والانسجة القابلة للاصابة في كل أجزاء النبات. تغزو فطريات الذبول الوعائي والبكتيريا الأوعية الخشبية داخليا ولكنها غالبا تكون مقتصرة على قليل من الأوعية الخشبية في الجذور أو في الساق أو قمة النباتات المصابة.

وكذلك فان غالبية أو كل الأوعية الخشبية في النبات تغزوها تلك الكائنات في المراحل الأخيرة فقط من المرض. إن بعض الفطريات وبشكل أساسي من بين تلك التي تسبب أمراض البياض الزغبي، التفحمات والأصداء أيضا تغزو عوائلها جهازيا مع أنه في معظم الحالات فإن الميسيليوم القديم يتحلل ويختفي، والميسيليوم الحديث فقط هو الذي يبقى حيا في انسجة النبات نشيطة النمو.

نمو وتكاثر الكائن الممرض : -

إن مجموعة الفطريات والنباتات الراقية المتطفلة عادة تغزو وتصيب الأنسجة وذلك بنموها فيها ابتداء من نقطة الحقن الأولى. كثيرا من هذه الكائنات الممرضة سواء كانت مسببة لبقع

صغيرة، منطقة مصابة كبيرة أو تقرحات عامة في النبات، فانها تستمر في النمو وتتفرع في داخل العائل المصاب بدون تحديد، وبالتالي فإن نفس الكائن الممرض بمفرده ينتشر أكثر وأكثر في أنسجة النبات حتى تتوقف الاصابة أو يموت النبات. في بعض الاصابات الفطرية بينما تستمر الهيفا الحديثة في نموها في أنسجة جديدة سليمة فإن الهيفات القديمة في المناطق التي أصيبت تموت وتختفي، وبالتالي فإن النبات المصاب يمكن أن يحوي عدة نقاط فيها وحدات ميسيليوم متفرقة ونشيطة. وكذلك فإن الفطريات المسببة للذبول الوعائي غالبا تغزو النباتات بواسطة انتاج وتحرير جراثيم داخل الأوعية، ولأن الجراثيم تحمل في تيار العصارة فإنها تغزو الأوعية بعيدا عن الميسيليوم، وهذه الجراثيم تنبت هناك وتنتج ميسيليوماً يخترق أوعية اضافية أخرى.

جميع الكائنات الممرضة الأخرى، هذا يعنى البكتيريا، ميكوبلازما، فيروسات، فيرويدات نيماتودا ووحيدة الخلية لا تزداد كثيراً في الحجم بتقدم الزمن، بعضها لا يزيد حجمه مطلقاً والبعض الاخر تحدث فيه زيادة تدريجيا مع الزمن، بسبب أن حجمها وشكلها يبقى نسبيا دون تغيير خلال مدة وجودها. هذه الكائنات الممرضة تغزو وتصيب أنسجة جديدة في النبات وذلك باعادة تكاثرها بمعدل سريع، وبزيادة أعدادها الهائلة في الأنسجة المصابة، ونسلها إما أن يحمل سلبيا إلى خلايا وأنسجة جديدة خلال الخيوط التي تربط بلازما الخلايا ببعضها (الخيوط البلازمية) plasmodesmata (فقط الفيروسات والفيرويدات) أو خلال اللحاء (فيروسات، فيرويدات، ميكوبلازما، البكتيريا شديدة الحساسية، وحيدة الخلية) أو خلال الخشب (بعض البكتيريا)، أو كما يحدث الى حد ما مع البكتيريا واكثر منه مع وحيدة الخلية والنيماتودا، حيث يمكنها التحرك خلال الخلايا ومعتمدة على قوتها الذاتية.

تتكاثر الكائنات الممرضة النباتية بطرق مختلفة (شكل ٣). تتكاثر الفطريات بعدة طرق منها الجراثيم، وهذه تكون إما لا جنسية (مشابهة للبراعم التي على فروع الأشجار أو في درنات نباتات البطاطس وغيرها) أو جنسية (معادلة للبذور في النباتات). تتكاثر النباتات الراقية المتطفلة تماما مثل كل النباتات، هذا يعني بواسطة البذور. تتكاثر البكتيريا،

الميكوبلازما وحيدة الخلية بالانقسام، هذا يعني أن فرد ناضج واحد ينشق إلى قسمين متساويين هما فردان صغيران. تتضاعف الفيروسات والفيرويدات اعتمادا على خلية العائل تماما كما تضع صفحة على ماكينة تصوير فإنها تتكرر بواسطة الماكينة طالما أن الماكينة تعمل ويستمر تزويدها بالورق. أما النيماتودا فإنها تتكاثر بواسطة البيض..

تنتج الغالبية العظمى من الفطريات المرضة للنبات ميسيليوماً في داخل النباتات التي تصيبها فقط. هناك فطريات قليلة نسبياً تنتج ميسيليوم على سطوح عوائلها النباتية، وفطريات البياض الدقيقي فقط تنتج ميسيليوماً على سطح عوائلها وليس بداخله. تنتج الغالبية العظمى من الفطريات جراثيم على، أو تماماً تحت، سطح المنطقة المصابة من العائل وتنطلق الجراثيم خارجياً في البيئة. بعض الفطريات الدنيئة مثال الكائن المرض المسبب مرض الجذر الصولجاني والفطريات المسببة مرض الذبول الوعائي تنتج جراثيماً داخل أنسجة العائل، وهذه الجراثيم لا تتحرر إلى الخارج حتى يموت العائل ويتحلل. تنتج النباتات الراقية الطفيلية بذورها على فروع هوائية، وبعض النيماتودا تضع بيضها على أو بالقرب من سطح النبات العائل. تتكاثر البكتيريا بين أو داخل خلايا العائل، وبشكل عام داخل العائل النباتي وتصل الى أنسجة العائل فقط خلال الجروح والتشققات.. الخ. تتكاثر الفيروسات والفيرويدات الميكوبلازما النباتية والبكتيريا شديدة الحساسية فقط داخل الخلايا وهي لا تصل ولا توجد بوضوح على سطح النبات العائل.

يختلف معدل التكاثر كثيرا بين الأنواع المختلفة من الكائنات المرضة ولكن في جميعها فإن واحداً أو قليلاً من الكائنات المرضة تستطيع انتاج اعدادا هائلة من الأفراد خلال موسم نمو واحد. بعض الفطريات تنتج جراثيم باستمرار إلى حد ما بينما فطريات اخرى تنتجها في دفعة واحدة أو في دفعات متتابعة. في حالات أخرى فإن عدة آلاف إلى عدة مئات الآلاف من الجراثيم يمكن انتاجها لكل سنتيمتر مربع من الأنسجة المصابة. حتى حامل جراثيم متخصص صغير يستطيع أن ينتج ملايين الجراثيم. يكون عدد الجراثيم المنتجة لكل نبات مصاب غالبا بليونات أو ترليونات. إن أعداد الجراثيم المنتجة في آكارنو نباتات شديدة

الاصابة عادة تكون أرقاما فلكية وعندما تتحرر يكون هناك جراثيم كافية لأن تسقط على وتحقن كل سطح يمكن تخيله في الحقل وفي المناطق المجاورة.

تتكاثر البكتيريا بسرعة في الأنسجة المصابة. تحت الظروف البيئية والغذائية المثلى (مثال ذلك) في المزرعة فإن البكتيريا تنقسم، هذا يعني، تتضاعف أعدادها كل ٢٠ - ٣٠ دقيقة ومن المحتمل أن البكتيريا تتضاعف بنفس السرعة في النبات القابل للاصابة طالما أن الحرارة مناسبة، يمكن أن يوجد ملايين من البكتيريا في قطرة واحدة من عصارة النبات المصاب وبالتالي فان عدد البكتيريا لكل نبات يجب ان تكون اعداد فلكية. البكتيريا شديدة الحساسية والميكوبلازما يبدو أنها تتكاثر أبطأ من البكتيريا النموذجية ورغم أنها تنتشر جهازياً خلال الجهاز الوعائي للنبات فهي توجد في أوعية خشبية ولحائية قليلة نسبياً والعدد الكلي لهذه الكائنات الممرضة في النباتات المصابة يكون قليلاً نسبياً.

تتكاثر الفيروسات والفيرويدات داخل الخلايا الحية للعائل، جزئيات الفيرس الجديدة الأولى يمكن الكشف عنها بعد الحقن بعدة ساعات، وحالاً بعد ذلك تتجمع جزئيات الفيرس داخل الخلية الحية المصابة حتى تزيد على مئة ألف إلى عشرة ملايين جزىء فيرس يمكن أن يوجد في خلية واحدة. تصيب الفيروسات والفيرويدات وتتكاثر في معظم او كل الخلايا الحية لعوائلها ومن الواضح ان كل نبات يمكن أن يحتوى جزيئات غير محدودة العدد من هذه الكائنات الممرضة.

تضع إناث النيماتودا حوالى ٣٠٠ - ٦٠٠ بيضة، نصفها تقريباً يعطي إناث وكل واحدة من هذه الأناث تضع ثانية ٣٠٠ - ٦٠٠ بيضة. وبالاعتماد على المناخ وتوفر العوائل المناسبة وتكرار دورة حياة النيماتودا الواحدة، فإن النيماتودا يمكن أن تملك أو يكون لها من أثنين الى أكثر من ١٢ جيل في السنة، حتى إذا بقي نصف هذه الاناث حياً وتكاثر فإن كل فترة جيل سوف تزيد عدد النيماتود في التربة بأكثر من ١٠٠ ضعف، وبالتالي فإن تكوين أفراد النيماتودا في موسم نمو وفي المواسم اللاحقة غالباً ما يكون مثيراً تماماً لكثرة عددها.

إنتشار الكائنات الممرضة Dissemination of the Pathogen

إن قليلاً من الكائنات المرضة مثل، نيماتودا، الجراثيم الهدبية الفطرية، والبكتيريا يمكنها أن تتحرك مسافة قصيرة جداً بالاعتماد على قوتها الذاتية وبالتالي يمكنها أن تتحرك من إحدى العوائل إلى عائل آخر ملاصقاً له تماماً . الهيفا الفطرية، والرايزمورف Rhizomorphs يمكنها أن تنمو بين الأنسجة متصلة بها، وبعض الأحيان خلال التربة قريبة بجانب الجذور. كلتا طريقتي الانتشار هذه محدودة جداً خاصة في حالة الجراثيم الهدبية والبكتيريا.

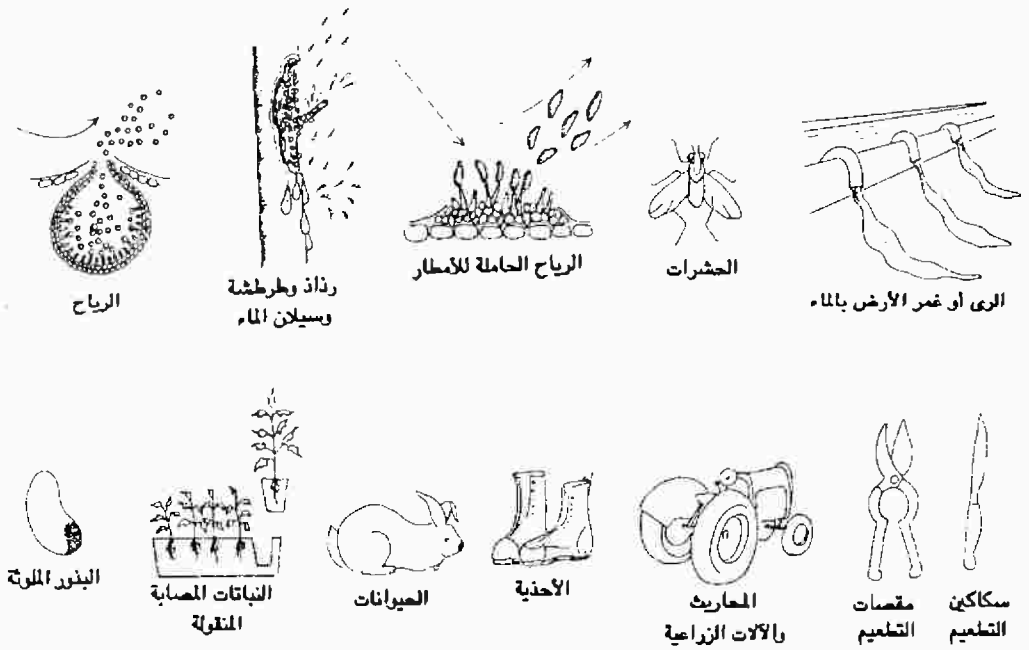
تقذف جراثيم بعض الفطريات بقوة من الحامل الجرثومي أو من الثمرة الجرثومية عن طريق الانبثاق أو عملية النفخ الذي ينتج عنه تفريغ الجراثيم بعيداً بالتتابع أو في وقت واحد مسافة سنتيمتر واحد أو تبقى فوق الحامل الجرثومي. إن بذور بعض النباتات المتطفلة أيضاً تقذف بقوة ويمكن أن تنطلق بشكل قوس لعدة أمتار.

إن انتشار جميع الكائنات المرضة تقريبا والمسئولة عن تفشي أمراض النبات وحتى المسئولة عن حدوث الأمراض قليلة الأهمية الاقتصادية، يتم هذا الانتشار بصورة غير إيجابية بواسطة عوامل نقل مثل هواء، ماء، حشرات، بعض الحيوانات الخاصة والانسان (شكل ١٢).

الإنتشار بواسطة الهواء : -

تنتشر معظم الجراثيم الفطرية، والى حد ما بذور معظم النباتات المتطفلة بواسطة التيارات الهوائية التي تحملها كأجزاء خاملة إلى مسافات مختلفة. تلتقط التيارات الهوائية الجراثيم والبذور بعيداً عن الحوامل الجرثومية أو اثناء قذفها بقوة أو لدى سقوطها عند النضج، وهذا يعتمد على سرعة واضطراب الهواء. وبالتالي يمكن أن تحمل الجراثيم إلى أعلى أو أفقياً بطريقة تشبه الجزيئات الغبارية الموجودة في الدخان. بينما يكون الهواء حاملاً للجراثيم فإن بعض الجراثيم يمكن أن تلامس سطوحاً رطبة وبذلك تلتصق بها وعندما تقف حركة الهواء أو عند حدوث أمطاراً فإن الجراثيم الباقية تسقط أو تغسل إلى أسفل من الهواء بواسطة قطرات المطر. معظم الجراثيم، طبعاً، تسقط على أي شيء ولكن إذا وقعت الجراثيم

على سطوح كبيرة غير النباتات القابلة للاصابة فإنها تفقد وتضيع. إن جراثيم كثيراً من الفطريات حقيقة، هي ضعيفة جداً ولا تستطيع البقاء حية لرحلة طويلة عبر الهواء، وبالتالي فإن الانتشار الناجح يكون لبضع مئات أو بعض آلاف من الأمتار. جراثيم فطريات أخرى خاصة أصداء الحبوب تلك تكون عالية القدرة على الاحتمال وتظهر بشكل عام على كل المستويات وعلى ارتفاعات عالية (عدة آلاف من الأمتار) فوق الحقول المصابة. إن جراثيم هذه الفطريات غالباً ما تكون محمولة فوق مسافات عديدة من الكيلومترات، وزيادة عن مئات الكيلومترات وفي الطقس المناسب تسبب أوبئة واسعة الانتشار.



شكل – ١٢

طرق انتشار الفطريات والبكتيريا

إن الانتشار الهوائي للكائنات الممرضة الأخرى يكون أقل حدوثاً إلى حد ما وفقط تحت ظروف خاصة وغير مباشرة. وبالتالي فإن البكتيريا المسببة اللفحة النارية للتفاح والكمثري تنتج حزمة صغيرة من الافرازات البكتيرية الجافة محتوية بكتيريا، وهذه الحزم يمكن أن تنكسر وتنتشر بالرياح. من الممكن أن تحمل البكتيريا والنيماتودا الموجودة في التربة بعيداً مع جزيئات التربة في الغبار. كذلك تساعد الرياح في النقل البكتيري والجراثيم الفطرية والنيماتودا وذلك بحملها قطيرات رذاذ المطر بعيداً، هذه القطيرات تحوي الكائنات الممرضة تلك. وكذلك فإن الريح يحمل الحشرات بعيداً، هذه الحشرات قد تحوي أو تكون ملوثة بالفيروسات أو البكتيريا أو جراثيم فطرية. أخيراً فإن الريح يسبب احتكاك النباتات المتجاورة أو أجزاء النبات بعضها ببعض وهذا قد يساعد في الانتشار عن طريق التلامس كما في البكتيريا والفطريات وبعض الفيروسات والفيرويدات، وهناك احتمال في نقل بعض النيماتودا بهذه الطريقة.

الانتشار بواسطة الماء : -

للماء أهمية في نقل الكائنات الممرضة ويكون ذلك بثلاثة طرق.. : -

١ - البكتيريا ، النيماتودا، الجراثيم، سكليروشيات وأجزاء ميسيليومية من الفطريات موجودة في التربة وتنتشر بالمطر أو مياه الري التي تتحرك على سطح أو خلال التربة.

٢ - جميع البكتيريا وجراثيم كثير من الفطريات تُنضح في سائل لزج وتعتمد في إنتشارها على الأمطار أو ماء (الري بالرذاذ) الذي إما أن يغسلها إلى أسفل أو ينثرها في جميع الاتجاهات.

٣ - قطرات المطر أو قطرات من ماء الري بالرذاذ تلتقط الجراثيم الفطرية أو أي بكتيريا موجودة في الهواء وتغسلها إلى أسفل حيث أن بعضها قد يسقط على نباتات قابلة للاصابة.

ومع ذلك فإن الماء أقل أهمية من الهواء في نقل الكائنات المرضة لمسافات طويلة. إن انتشار الكائنات المرضة بالماء أكثر كفاءة بالنسبة لتلك الكائنات المرضة التي تسقط على سطوح رطبة مسبقاً وتستطيع أن تتحرك أو تنمو فوراً.

الانتشار بواسطة الحشرات، الحلم، النيماتودا، وعوامل أخرى : -

تعتبر الحشرات خاصة المن ونطاطات الأوراق، إلى حد بعيد، أهم عوامل النقل للفيروسات، بينما تعتبر نطاطات الاوراق العامل الرئيسي لنقل الميكوبلازما والبكتيريا شديدة الحساسية. إن كل واحداً من هذه الكائنات المرضة ينتقل داخلياً بنوع واحد فقط أو بقليل من الأنواع الحشرية أثناء تغذية وتحرك الحشرات الناقلة من نبات إلى نبات. أيضاً فإن حشرات خاصة تنقل بعض الكائنات المرضة الفطرية والبكتيريا مثل تلك المسببة لمرض لفحة الدردار الهولندي وذبول القرعيات البكتيري. في جميع الأمراض التي يكون فيها الكائن المرض محمولاً داخليا او خارجياً بواسطة واحداً او قليلاً من الناقلات الخاصة فان إنتقال الكائن المرض يعتمد الى حد كبير (أو كلية) على هذا الناقل. وفي كثير من الأمراض مثل العفن البكتيري الطري، الإنثراكنوز، والايرجوت، تصبح الحشرة ملوثة خارجياً بأنواع مختلفة من البكتيريا او الجراثيم الفطرية اللزجة بسبب تحركها بين النباتات وتحمل الحشرات هذه الكائنات المرضة خارجيا من نبات الى نبات حيث تضعها على سطح النبات او في الجروح التي تحدثها في النبات أثناء تغذيتها. إن العامل الناقل يسهل إنتقال الكائن المرض في مثل هذه الامراض ولكن لا يعتمد عليه كلياً. ويمكن للحشرات أن تنشر الكائنات المرضة فوق مسافات تطول أو تقصر، ويعتمد ذلك على نوع الحشرة، الكائن المرض المرافق للحشرة والظروف الجوية السائدة وخصوصا الرياح.

تستطيع أنواع قليلة من الحلم ومن النيماتودا نقل فيروسات عديدة داخلياً من نبات إلى نبات. بالاضافة إلى ذلك فإن الحلم والنيماتودا على الأرجح تحمل البكتيريا وجراثيم الفطريات اللزجة خارجياً حيث تتلوث بها أثناء تحركها على سطوح النبات المصاب.

غالباً كل الحيوانات، صغيرة وكبيرة، التي تتحرك بين النباتات وتلامس النباتات في طريقها، تستطيع أن تنشر الكائنات الممرضة، مثل الجراثيم الفطرية، البكتيريا، بذور النباتات الراقية المتطفلة، والنيماتودا، وفي بعض الأحيان قليل من الفيروسات والفيرويدات. معظم هذه الكائنات الممرضة تلتصق بأقدام أو أجسام الحيوانات، ولكن بعضها قد يحمل على أجزاء الفم الملوثة..

أخيراً فإن بعض الكائنات الممرضة النباتية مثال ذلك الجراثيم الهدبية لبعض الفطريات وبعض النباتات الراقية المتطفلة تستطيع أن تنقل الفيروسات لأنها تتحرك من نبات إلى نبات آخر (الجراثيم الهدبية) أو لأنها تنمو وتشكل جسراً بين نباتين (الحامول).

الانتشار بواسطة الانسان : -

ينشر الانسان كل أنواع الكائنات الممرضة فوق مسافات قصيرة أو طويلة بطرق مختلفة. ينشر الانسان الكائنات الممرضة في الحقل، مثل فيرس موزايك الدخان عن طريق تعامله المتواصل مع النباتات المريضة والسليمة، وتنتقل كائنات ممرضة أخرى عن طريق الادوات مثل مقصات التقليم الملوثة عند استعمالها على نباتات مريضة (مثل الكمثرى المصابة بمرض اللفحة النارية البكتيري) ثم تستعمل على نباتات سليمة. ينقل الانسان الكائنات الممرضة عن طريق نقل التربة الملوثة على أقدامه أو أدواته الزراعية أو على الأجزاء النباتية المصابة المنقولة مثل البذور، أصول المشاتل والبراعم الخشبية وأيضاً بأستعمال حاويات ملوثة. أخيراً ينشر الانسان الكائنات الممرضة عن طريق استيراد اصنافاً جديدة الى المنطقة، حيث أن تلك الاصناف قد تكون حاملة للكائنات الممرضة والتي تدخل دون التعرف عليها. وكذلك ينشر الانسان الكائنات الممرضة عن طريق تنقلاته حول العالم واستيراده الغذاء ومواد أخرى التي قد تكون حاملة كائنات ضارة ممرضة نباتية. ومن الأمثلة على دور الانسان كناقل للكائنات الممرضة يمكن ملاحظته في دخول فطر مرض لفحة الدردار الهولندي الى الولايات المتحدة وفطر مرض الصدأ البثري في الصنوبر الأبيض وبكتيريا تشقق الحمضيات. أما دور الانسان

في ادخال الأمراض الى اوروبا فكان المثل الواضح هو أمراض البياض الدقيقي والبياض الزغبي على العنب.

التشتية و / او التصييف للكائنات الممرضة

تستطيع الكائنات الممرضة التي تصيب النباتات المعمرة أن تبقى حية فيها خلال الشتاء نو درجات الحرارة المنخفضة او / وخلال طقس الصيف الحار الجاف، بغض النظر عما اذا كانت العوائل النباتية نامية بنشاط او تكون ساكنة في ذلك الوقت.

تموت النباتات الحولية في نهاية الموسم (موسم النمو) كما تفعل اوراق وثمار النباتات المعمرة ومتساقطة الاوراق وحتى السيقان في بعض النباتات المعمرة. تموت في المناخات الباردة، النباتات الحولية وقمم بعض النباتات المعمرة نتيجة شتاء منخفض الحرارة، وتبقى كائناتها الممرضة بدون عائل لعدة شهور في الجو البارد. ومن ناحية أخرى في المناخات الحارة الجافة تموت النباتات الحولية خلال الصيف وكائناتها الممرضة يجب أن تبقى قادرة على البقاء حية مثل تلك المدد في غياب عوائلها. وبالتالي فان الكائنات الممرضة النباتية التي تهاجم النباتات الحولية والاجزاء القادرة على التجدد من النباتات الدائمة قد أنشأت ميكانيكية والتي بها تستطيع أن تبقى حية خلال الشتاء البارد أو الصيف الحار، هذه يمكن أن تطرأ بين محصولين أو موسمي نمو (شكل ١٣).

لقد نشأ في الفطريات ميكانيكيات كثيرة مختلفة للبقاء بين المحاصيل. تقضي الفطريات الشتاء على النباتات المعمرة كميسيليوم في الأنسجة المصابة مثل التقرحات وعلى هيئة جراثيم على أو قرب سطح النبات المصاب أو على حراشف البرعم. الفطريات التي تصيب اوراق او ثمار الأشجار المتساقطة الاوراق عادة تقضي الشتاء كميسيليوم او جراثيم على الأوراق او الثمار المصابة الساقطة، او على حراشف البراعم، الفطريات التي تصيب النباتات الحولية عادة تقضي الشتاء او الصيف حية على هيئة ميسيليوم في حطام النبات المصاب، او كجراثيم ساكنة او جراثيم بأشكال أخرى، وعلى شكل سكلوروشيات في بقايا النبات المصاب او في التربة على شكل ميسيليوم، جراثيم او سكلوروشيات في او على البذور واعضاء التكاثر

الاخرى مثل الدرنات. بعض الفطريات الممرضة النباتية تسمى ساكنات تربة-Soil inhabi tants وهذا يعني أنها قادرة على أن تبقي حية بدون تحديد كرميات.

(مثل *Rhizoctonia , Pythium, Fusarium*) . تكون ساكنات التربة عادة طفيليات غير متخصصة ولها مدى عائلي واسع. هناك فطريات ممرضة نباتية أخرى تسمى عابرات التربة Soil transients وهذا يعني أنها طفيليات أقل تخصصاً وهي تعيش عادة مرافقة تماماً لعوائلها ولكن يمكن أن تبقى حية في التربة فترات زمنية قصيرة نسبياً على شكل جراثيم صلبة او كرميات. في بعض المناطق تبقى الفطريات حية وذلك بالاصابة المستمرة لعوائل نباتية نامية في العراء على مدار السنة مثال ذلك الكرنب أو النباتات النامية في الصوبات الزجاجية في الشتاء وفي العراء صيفاً. وبالمثل فان بعض الاصداء وبقية الفطريات تقضي الشتاء على محاصيل شتوية نامية في أجواء دافئة وتنتقل منها الى نفس العوائل النامية كمحاصيل ربيعية في الأجواء الأكثر برودة. كذلك فان بعض الفطريات تصيب نباتات معمرة مزروعة أو برية بالاضافة إلى النباتات الحولية وتنتقل من النباتات المعمرة إلى النباتات الحولية في كل موسم نمو. بعض فطريات الاصداء تصيب عائل متبادل حولي وعائل معمر والفطر يذهب من عائل إلى الآخر ويقضي الشتاء طبعاً في العائل المعمر.

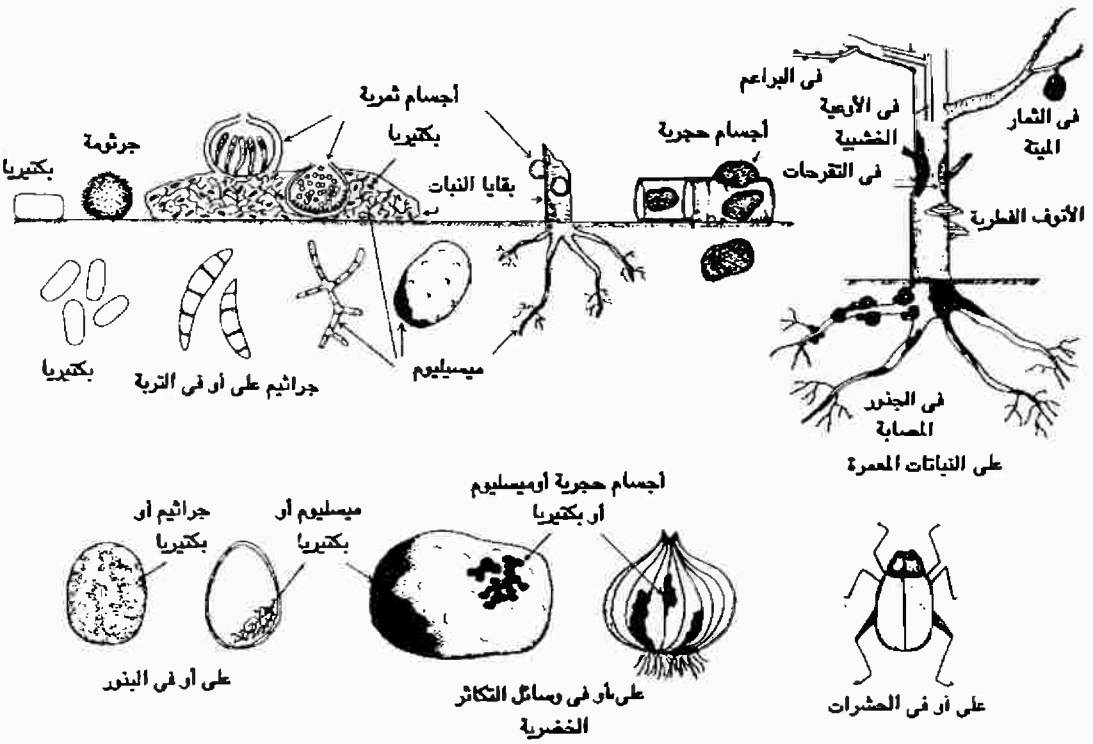
تقضي البكتيريا الشتاء والصيف بشكل أساسي بنفس الطريقة التي وصفت للفطريات، هذا يعني، في النباتات المصابة في البذور والدرنات.. الخ في بقايا النباتات المصابة وبعضها في التربة. إن مقدرة البكتيريا على البقاء حية ضعيفة عندما توجد بأعداد قليلة وطليقة في التربة، ولكن مقدرتها على البقاء حية تكون حسنة عندما تغمر مجموعات منها في السكريات العديدة المخاطية الصلبة التي عادة تحاط بها البكتيريا. بعض البكتيريات تقضي الشتاء أيضا داخل أجسام ناقلاتها الحشرية.

الفيروسات، الفيرويدات، الميكوبلازما، البكتيريا الحساسة الوعائية ووحيدة الخلية، تبقى حية فقط في الأنسجة الحية في النباتات مثل قمم وجذور النباتات المعمرة، جذور النباتات المعمرة التي تموت بالقرب من مستوى سطح التربة في الشتاء أو الصيف، في أعضاء التكاثر

الخضرية، وفي بذور بعض العوائل. قليل من الفيروسات تبقى حية داخل ناقلاتها الحشرية وبعض الفيروسات والفيرويدات يمكن أن تبقى على الأدوات الملوثة وفي بقايا النبات المصاب.

تقضي النيماتودا الشتاء والصيف عادة على شكل بيض في التربة وعلى شكل بيض أو نيماتودا كاملة في جذور النبات أو في بقايا النبات. بعض النيماتودا تنتج أطوار يرقية أو نيماتودا يافعة تستطيع أن تبقى ساكنة في البذور، على الابصال... الخ لعدة شهور أو سنين.

تستطيع النباتات الراقية المتطفلة أن تبقى حية أما على شكل بذور، عادة في التربة، أو على هيئة تشكيلاتها الخضرية المعدية على عوائلها.



شكل ١٣

مصادر اللقاح في الفطريات والبكتيريا(أشكال ومواقع بقائها حية بين المحاصيل)

العلاقة بين دورة المرض والأوبئة: -

تكمل بعض الكائنات الممرضة دورة مرضية واحدة فقط (أو حتى جزء من دورة واحدة) في السنة وهذه تسمى كائنات ممرضة احادية الدورة. تشمل الأمراض ذات الكائنات الممرضة احادية الدورة : -

١ - التفحمات والتي فيها ينتج جراثيماً في نهاية الموسم (هذه الجراثيم تقوم بدور لقاح أولي) والوحيد فقط للسنة الثانية ٢ - كثيراً من اصداء الأشجار والتي تتطلب عائلين متبادلين وعلى الأقل سنة واحدة لتكمل دورة حياة المرض. ٣ - كثيراً من الأمراض الكامنة في التربة مثل تعفنات الجذور والذبول الوعائي، بالنسبة لأمراض تعفنات الجذور والذبول الوعائي فان الكائن الممرض يبقى حياً شتاءً او صيفاً في السيقان والجذور المتحللة او في التربة، ويبقي في النباتات المصابة خلال موسم النمو وفي نهاية الموسم تنتج جراثيماً جديدة في السيقان والجذور المصابة. تبقى هذه الجراثيم في التربة وتقوم بدور لقاح أولى لموسم النمو اللاحق. في الكائنات الممرضة احادية الدورة فان اللقاح الأولي يكون هو اللقاح الوحيد المتوفر للموسم كله، ولهذا فانه لا يكون هناك لقاح ثانوي ولا تكون هناك اصابة ثانوية. إن كمية اللقاح المنتجة في نهاية الموسم تكون اكبر بكثير من تلك التي تكون موجودة في بداية الموسم وبالتالي ففي الأمراض احادية الدورة فان كمية اللقاح يمكن أن تزداد باضطراد من سنة الى أخرى.

في معظم الأمراض فان الكائن الممرض يمر في أكثر من جيل واحد خلال موسم النمو، ومثل هذه الكائنات الممرضة تسمى كائنات ممرضة عديدة الدورة او متكررة الدورة. تستطيع الكائنات الممرضة عديدة الدورة ان تكمل عدة دورات مرضية (من ٢ - ٣٠ دورة) خلال السنة ومع كل دورة من هذه الدورات تتضاعف كمية اللقاح عدة أضعاف. تنتشر الكائنات الممرضة عديدة الدورة أساساً بواسطة الهواء أو بعوامل النقل المحمولة بالهواء (الحشرات) وهذه الكائنات الممرضة هي المسئولة عن أنواع الأمراض التي تسبب معظم الأوبئة السريعة على معظم المحاصيل، مثال ذلك البياض الزغبي، اللفحة المتأخرة في البطاطس، البياض الدقيقي تبقع ولفحات الورقة، اصداء الحبوب وامراض الفيروسات الكامنة في المن. في الكائنات

المرضة الفطرية عديدة الدورة يكون اللقاح الأولي عادة متكوناً من جراثيم جنسية (طور كامل) أو يكون في الفطريات التي ينقصها الطور الجنسي، بعض التركيبات الصلبة للفطر مثل السكلوروشيا، او الاسكلوروشيات الكاذبة او على شكل ميسيليوم في النسيج المصاب. تكون اعداد الجراثيم الجنسية او التركيبات الصلبة الاخرى التي تبقى حية وتسبب الاصابة عادة قليلة، ولكن اذا ما صدف وحدثت الاصابة الأولية فان اعداداً كبيرة من الجراثيم غير الجنسية (لقاح ثانوي) تنتج في كل منطقة اصابة، ويمكن لهذه الجراثيم نفسها أن تسبب اصابة جديدة (ثانوية) وهذه تؤدي الى إنتاج جراثيم غير جنسية اكثر لاحداث اصابة اكثر. هناك في بعض أمراض الأشجار مثل الذبول الوعائي الفطري، اصفرار الميكوبلازما والاصابات الفيروسية فان الكائن الممرض المحدث الاصابة قد لا يتمكن من إكمال دورة المرض خلال سنة واحدة ولكن بدلاً من ذلك يمكن أن يأخذ عدة سنوات قبل أن يستطيع إنتاج لقاح يمكن نقله ويبدأ اصابات جديدة، مثل هذه الكائنات الممرضة تسمى متضاعفة السنة Polyetic. وبالرغم من أن الكائنات الممرضة متضاعفة السنة قد لا تسبب اصابات جديدة كثيرة على منطقة معينة خلال سنة واحدة، وأن كمية لقاحها لا تزيد كثيراً خلال السنة بسبب بقاؤها حية على عوائل معمرة، الا أن لها ميزة وهي أنه في بداية كل سنة يكون لها كمية من اللقاح تقريباً مساوية للقاح الذي كان في نهاية السنة السابقة. وبالتالي فان اللقاح يمكن أن يزيد باضطراد (أسي) من سنة لأخرى ويمكن أن يسبب أوبئة شديدة عند دراستها عبر عدة سنوات. من مثل تلك الأمراض مرض لفحة الدردار الهولندي، تدهور الكمثرى، وترستيزا الحمضيات.

إن الكائن الممرض الداخل في مرض معين سواء كان احادي الدورة أو عديد الدورة او عديد السنة يكون له أهمية وبائية كبيرة حيث يؤثر على كمية المرض المتسببة بواسطة الكائن الممرض المعين ضمن فترة زمنية معينة. إن معدل زيادة المرض (r) او اللقاح قد حسبت لعدة أمراض وتبين انها تختلف من او. الى ٠.٥ في اليوم بالنسبة لأمراض الاوراق متعددة الدورة مثل مرض لفحة اوراق الذرة الجنوبي، اللفحة المتأخرة للبطاطس، اصداء الحبوب وموازيك الدخان. وكانت ٠.٠٢ الى ٢.٣ في السنة بالنسبة للأمراض عديدة الدورة للأشجار مثل الدبق

المتقزم في الصنوبر، لفحة الدردار الهولندي، لفحة ابو فروة وموزايك الخوخ. إن قيمة (r) تعني زيادة في كمية اللقاح أو المرض (عدد النباتات المصابة، كمية نسيج النبات المصاب.. هكذا) من ١٠ - ٥٠٪ في اليوم لأمراض الاوراق ومن ٢ - ٢٣٠٪ في السنة لأمراض الأشجار المذكورة سابقاً.

المراجع

Andrews, J. H. (1984). Life History strategies of plant parasites. *Adv. Plant Pathol.* **2,** 105–130.

Asada, Y., Bushnell, W. R., Ouchi, S., and Vance, P., eds. (1982). "Plant Infection: The physiological and Biochemical Basis". Springer-Verlag, Berlin and New York.

Asahi, T., M., Kojima M., and Kosuge, T. (1979). The energetics of parasitism, pathogenesis and resistence in plant disease. *In* "Plant Disease" (J. G. Horsfall and E. B. Cowling, eds.), Vol. 4, pp. 47–74, Academic Press, New York.

Chong, J., Harder, D. E., Rohringer, R. (1981). Ontogeny of mono- and dikaryotic rust haustoria: Cytochemical and ultrastractural studies. *Phytopathology* **71,** 975–983.

Daly, J. M. (1984). The role of recognition in plant disease. Annu. *Rev. Phytopathol.* **22,** 273–307.

Dodman, R. L. (1979). How the defenses are breached. *In* "Plant Disease" (J. G. Horsfall and E. B. Cowling, eds.), Vol. 4, pp. 137–153. Academic Press, New York.

Dunkle, L. D. (1984). Factors in pathogenesis. *In* "Plant-Microbe Interactions: Molecular and Genetic Perspectives" (T. Kosuge and E. W. Nester, eds.), Vol. 1, pp. 19–41. Macmillan, New York.

Ellingboe, A. H. (1968). Inoculum production and infection by foliage pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* **6,** 317–336.

Emmett, R. W., and Parbery, D. G. (1975). Appressoria. *Annu. Rev. Phytopathol.* **13,** 147–167.

Hancock, J. G., and Huisman, O. C. (1981). Nutrient movement in host-pathogen systems. *Annu. Rev. Phytopathol.* **19,** 309–331.

Hornby, D. (1983). Suppressive soils. *Annu. Rev. Phytopathol.* **21,** 65–85.

Horsfall, J. G., and Cowling E. B., eds. (1978). "Plant Disease," Vol. 2. Academic Press, New York.

Horsfall, J. G., and Cowling, E. B., eds. (1979). "Plant Disease." Vol. 4, Academic Press, New York.

Lippincott, J. A., and Lippincott, B. B. (1984). Concepts and experimental approaches in host-microbe recognition. *In* "Plant-Microbe Interactions: Molecular and Genetic Perspectives" (T. Kosuge and E. W. Nester, eds.), Vol. 1, pp. 195–214. Macmillan, New York.

Littlefield, L. J., and Heath, M. C. (1979). "Ultrastructure of Rust Fungi." Academic Press, New York.

McKeen, W. E., and Svircev, A. M. (1981). Early development of *Peronospora tabacina* in the *Nicotiana tabacum* leaf. *Can. J. Plant Pathol.* **3,** 145–158.

Meredith, D. S. (1973). Significance of spore release and dispersal mechanisms in plant disease epidemiology. *Annu. Rev. Phytopathol.* **11,** 313–342.

Mount, M. S., and Lacey, G. H., eds. (1982). "Phytopathogenic Prokaryotes," Vols, 1 and 2. Academic Press, New York.

Nelson, R. R. (1979). The evolution of parasitic fitness. *In* "Plant Disease" (J. G. Horfall and E. B. Cowling, eds.), Vol. 4, pp. 23–46. Academic Press, New York.

Rotem, J., and Palti, J. (1969). Irrigation and plant disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 7, 267–288.

Royle, D. J., and Thomas, G. G. (1973). Factors affecting zoospore responses towards stomata in hop downy mildew *(Pseudoperonospora humuli)* including some comparisons with grapevine downy mildew *(Plasmopara viticola). Physiol. Plant Pathol.* **3,** 405–417.

Schneider, R. W., ed. (1982). "Suppressive Soils and Plant Disease." Phytopathol. Soc., St. Paul, Minnesota.

Schuster, M. L., and Coyne, D. P. (1974). Survival mechanisms of phytopathogenic bacteria. *Annu. Rev. Phytopathol.* **12,** 199–221.

Tarr, S. A. J. (1972). "The Principles of Plant Pathology." Winchester Press, New York.
Vanderplank, J. E. (1975). "Principles of Plant Infections." Academic Press, New York.
Wood, R. K. S., and Graniti, A., eds. (1976). "Specificity in Plant Diseases." Plenum, New York.
Wynn, W. K. (1981). Tropic and taxic responses of pathogens to plants. *Annu. Phytopathol.* **19**, 237–255.