الباب الثامن

علم الأوبئة وأمراض النبات

الباب الثامن

علم الأوبئة وأمراض النبات

عندما ينتشر الكائن الممرض بحيث يصيب معظم الأفراد ضمن تجمع معين في منطقة واسعة نسبياً وخلال وقت قصير نسبياً، هذه الظاهرة تسمى وباء. ولقد عُرِّف الوباء بأنه اي زيادة في المرض في تجمع معين. إن دراسة الأوبئة والعوامل التي تؤثر عليها يسمى علم الأوبئة Epidemiology. احياناً تسمى أوبئة أمراض النبات باسم Epiphytotics. تحدث أوبئة أمراض النبات سنوياً على معظم المحاصيل في مناطق كثيرة من العالم. تكون معظم الأوبئة محلية وتسبب خسائر قليلة الى متوسطة لأنها تبقى تحت المراقبة والتحكم اما طبيعياً او بواسطة الرش بالكيماويات وعوامل المقاومة الأخرى. تظهر بعض الأوبئة احياناً فجأة وتخرج عن نطاق المقاومة وتصبح منتشرة بشكل واسع أو تصبح شديدة على نوع نباتي معين. بعض أوبئة امراض النبات، مثلاً - اصداء القمح، لفحة أوراق الذرة الجنوبي والبياض الزغبي في العنب قد سببت خسائر مخيفة في الانتاج في مناطق واسعة جداً الى حد ما. بعض الأمراض الوبائية الاخرى مثل لفحة أبو فروة، مرض الدردار الهولندي وصدأ القهوة أنذرت باستئصال بعض أنواع النبات من قارات بأكملها. بعض الأوبئة الاخرى سببت معاناة غير محدودة للبشرية. إن مجاعة البطاطس التي حصلت في ايرلندا سنة ١٨٤٥ - ١٨٤٦ كانت بسبب الفطر *Phytophthora* مسبب وباء اللفحة المتأخرة في البطاطس ومجاعة الرز في البنغال سنة ١٩٤٣ بسبب التبقع البني في الرز المتسبب عن الفطر *Helminthosporium*.

عناصر الوباء : - تتكشف أوبئة امراض النبات نتيجة لاتحادات نفس العناصر التي تسبب المرض، في الوقت المناسب، هذه العناصر هي ١ - نباتات عائل قابل للاصابة ٢ - كائن ممرض شديد ٣ - ظروف بيئية مناسبة لمدة زمنية طويلة كافية. بالاضافة لذلك وعن طريق النشاطات البشرية وخاصة عدم الدراية، يمكن أن تساعد في إبتداء تكشف الأوبئة، أو بدلاً عن ذلك عن طريق العلم والدراية فانها توقف بكفاءة بداية وتكشف الأوبئة تحت الحالات التي فيها يمكن أن تحدث دائماً بالتأكيد لولا تدخل الانسان.

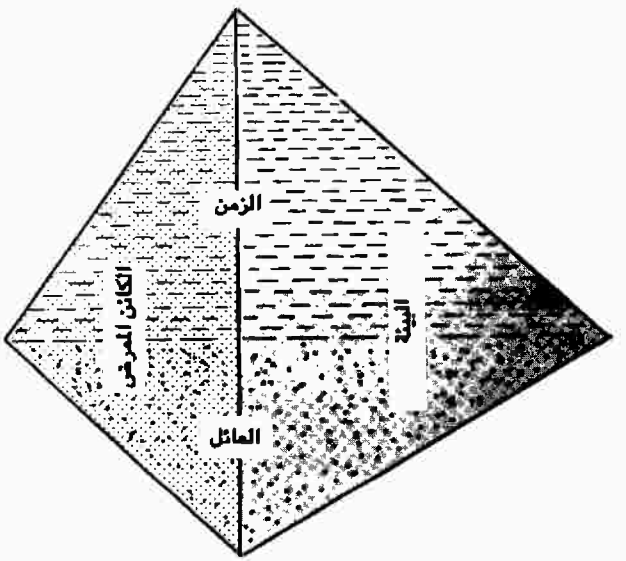
وبالتالي فإن فرصة إزدياد الوباء تكون عندما يكون العائل في أوج القابلية للاصابة والكائن الممرض في عنفوان شدته، في نفس الوقت تكون الظروف البيئية مقتربة من المستويات المثلى لنمو، تكاثر، إنتشار الكائن الممرض. كما وأن بقاء جميع الاتحادات الملائمة لمدة طويلة فانها لا تسهل تدخلات الانسان لكي تأخذ مجراها لتخفيض أو إيقاف الوباء.

ولهدف وصف تداخلات عناصر أوبئة أمراض النبات، فان مثلث المرض المذكور في الباب الثاني والذي استعمل لوصف التداخل بين عناصر المرض النباتي يمكن أن يتمدد ليشمل عنصري الوقت والانسان.

إن كمية كل واحد من الثلاثة عناصر للمرض النباتي بالاضافة لتاثيرات كل منها على الآخر، وبالتالي على تكشف المرض كلها تتأثر بالمكون الرابع وهو الزمن. إن الدور المهم والمتخصص للزمن، هو الى أي مدى تحث حادثة معينة في تكشف المرض وطول الزمن الذي خلاله تأخذ الحادثة مجراها وتؤثر على كمية المرض. إن التداخل بين الأربع عناصر يمكن تخيله بشكل رباعي السطوح او هرم والذي فيه كل ضلع يمثل واحداً من العناصر. ويشار الى هذا الشكل باسم رباعي السطوح المرضي او هرم المرض (شكل ٢٨). إن تأثير الزمن على تكشف المرض يصبح ظاهراً عندما يعتبر الانسان أهمية الزمن خلال سنة (هذا يعني الظروف المناخية وطور النمو عندما يكون العائل والكائن الممرض موجودان ومترافقان). إن بقاء وتكرار الحرارة والامطار، وقت ظهور العامل الناقل، بقاء وامتداد الدورة لمرض معين، التبكير او التأخير في النضج في العائل... الخ.اذا امكن تحديد قياسات العناصر الأربعة في الشكل رباعي السطوح المرضي فان حجم الشكل الرباعي هذا يمكن أن يتناسب مع كمية المرض على النبات او في تجمع النبات.

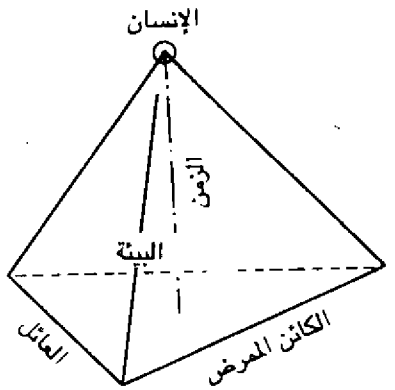
إن تكشف المرض في النباتات المزروعة أيضاً يتأثر كثيراً بعامل خامس وهو الإنسان. يؤثر الانسان على نوع النباتات المزروعة في منطقة معينة وعلى درجة مقاومتها، على عدد النباتات المزروعة، وقت الزراعة وعلى كثافة النباتات. بجانب المقاومة في النباتات التي يزرعها الانسان فانه أيضاً يحدد اي الكائنات الممرضة واي سلالات الكائن الممرض سوف تسود

المنطقة. وبواسطة العمليات الزراعية مثل المقاومة الكيماوية والحيوية فان الانسان يؤثر على كمية اللقاح الأولي والثانوي المتوفر ليهاجم النباتات، وكذلك فإنه يعمل تحويرات في تأثيرات البيئة على تكشف المرض عن طريق تأخير او أسراع الانبات او الحصاد وعن طريق الزراعة في مهاد مرتفعة أو في مساكب أكثر إتساعاً أو عن طريق حماية سطوح النبات بمواد كيماوية قبل سقوط الامطار، او عن طريق تنظيم الرطوبة في مخازن مناطق الجمع.. الخ.



شكل ٢٨ رباعي السطوح المرضي

إن التوقيت في نشاطات الانسان في زراعة ووقاية النبات يمكن أن يؤثر على الاتحادات المختلفة لهذه العناصر الى درجة كبيرة، وهو بذلك يؤثر على كمية المرض في النباتات الفردية وفي التجمع النباتي. إن دور الانسان قد استعمل بدلاً من عنصر الزمن في الشكل الرباعي المرضي، ولكن يجب أن يوضع في الاعتبار عنصراً خامساً واضحاً والذي يؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر في تكشف المرض النباتي.



شكل ٢٩ رسم تخطيطي لتداخل العوامل الداخلة في أوبئة امراض النبات

في الرسم التخطيطي شكل ٢٩ فان كلاً من العائل، الكائن الممرض والبيئة فان كل واحداً يمثل جانباً من المثلث، في حين أن الزمن يمثل على شكل خط عمودي ناشىء من مركز المثلث. وإن الانسان على قمة الشكل الرباعي الذي قاعدته هي المثلث وارتفاعه هو طول الزمن. في هذه الطريقة فان الانسان يتدخل ويؤثر في كل واحد من الأربع عناصر الاخرى للوباء وبالتالي يزيد او يقلل حجم الوباء. احياناً فان الانسان، طبعاً، بنفسه يمكن أن يتأثر الى درجة كبيرة أو صغيرة بأوبئة أمراض النبات.

العوامل الخاصة بالعائل والتي تؤثر في تكشف الأوبئة : -

هناك العديد من العوامل الخارجية والداخلية لكل نباتات العائل، تلعب دوراً مهماً في تكشف الأوبئة التي تُلم بتلك العوائل.

ا - مستويات المقاومة الوراثية او القابلية للاصابة في العائل : -

من الواضح أن نباتات العائل التي تحمل مستويات عالية من المقاومة (عمودية) لا تسمح للكائن الممرض أن يصبح متوطداً فيها وبالتالي لا يمكن أن يتكشف وباء - ما لم - وحتى

ظهور سلالة جديدة من الكائن الممرض تستطيع أن تهاجم تلك المقاومة ويصبح العائل قابلاً للاصابة.

إن نباتات العائل التي تحمل مستويات منخفضة من المقاومة الأفقية من المحتمل أنها سوف تصبح مصابة، ولكن السرعة التي سوف يتكشف فيها المرض والوباء تعتمد على مستوى هذه المقاومة وعلى الظروف البيئية. وكذلك فان نباتات العائل القابلة للاصابة والتي تفتقر الى جينات المقاومة ضد الكائن الممرض توفر المادة المثالية لتوطين وتكشف إصابات جديدة، هذا مع وجود كائن ممرض شديد وبيئة مناسبة، كل ذلك يلائم الأمراض الوبائية.

٢ - درجة التماثل الوراثي في نباتات العائل : -

عندما تنمو نباتات العائل ذات التماثل الوراثي خاصة فيما يتعلق بالجينات المرافقة لمقاومة المرض، على مساحات واسعة فان هناك احتمالاً قوياً موجوداً بان هناك سلالة جديدة للكائن الممرض سوف تظهر وأنها تستطيع أن تهاجم هذه المجموعة الوراثية الجينية وتؤدي الى وباء. لقد لوحظت هذه الظاهرة مرات عديدة وكانت أكثر تمثيلاً في حالة الهلمنثوسبوريوم على صنف الشوفان فكتوريا ومرض لفحة اوراق الذرة الجنوبية على الذرة صنف تكساس عقيم الذكر السيتوبلازمي. ولأسباب مماثلة فان أعلى المعدلات ارتفاعاً في تكشف الأوبئة تحدث عادة على المحاصيل التي تتكاثر خضرياً والمعدلات التي تتلوها تحدث في المحاصيل ذاتية التلقيح، بينما المحاصيل خلطية التلقيح يبدو أنه يحدث فيها أقل معدلات الأوبئة. وبالتالي فان هذا يوضح لماذا معظم الأوبئة في التجمعات الطبيعية تتكشف بطيئاً الى حد ما.

٣ - نوع المحصول : -

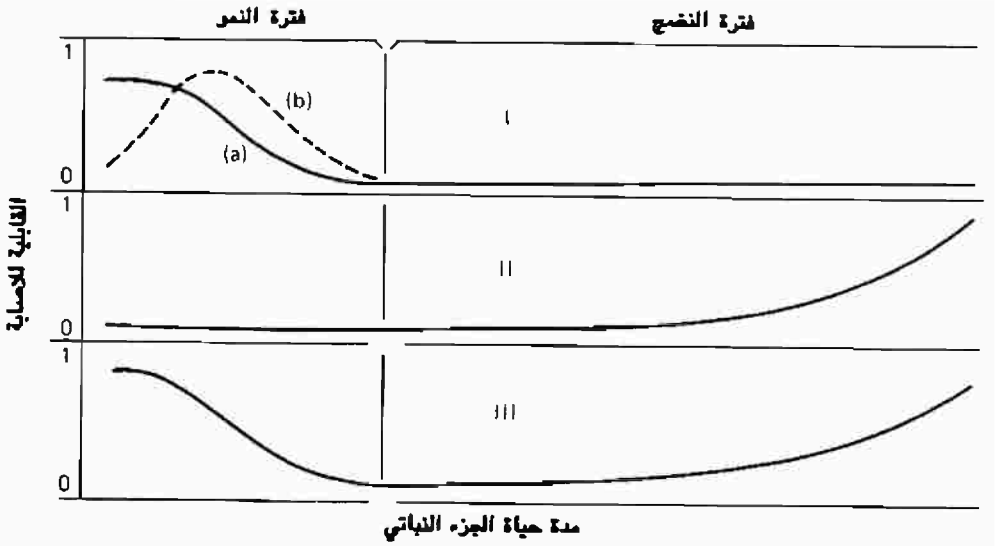
في المحاصيل الحولية مثل الذرة، الخضروات، الدخان والقطن فان الأوبئة تتكشف بسرعة اكبر (عادة في بضع أسابيع) منها عندما تحدث في النباتات الخشبية المستديمة مثل أشجار الفاكهة والغابات. بعض الأوبئة لأشجار الفاكهة والغابات، مثل مرض التدهور في الحمضيات

- ترستيزار، تدهور الكمثرى، مرض لفحة الدردار الهولندى ولفحة أبو فروة تحتاج الى سنوات حتى تتكشف.

٤ - عمر نباتات العائل : -

تختلف النباتات في قابليتها للاصابة بالمرض باختلاف عمرها. في بعض الاتحادات بين العائل والكائن المرض - مثلاً - مرض سقوط البادرات المقاجيء *Pythium* واعفان الجذور، البياض الزغبي، تجعد اوراق الخوخ، التفحمات الجهازية، الاصداء، اللفحات البكتيرية والاصابات الفيروسية فان العوائل (أو أجزاء العوائل) تكون قابلة للاصابة فقط خلال فترة النمو وتصبح مقاومة خلال فترة البلوغ (تسمى مقاومة البلوغ شكل ٣٠ ، b و I, a). بينما في أمراض عديدة مثل الاصداء والإصابات الفيروسية فان أجزاء النبات تكون مقاومة تماماً وحقيقية المقاومة للاصابة بينما هي لا تزال حديثة جداً وتصبح أكثر قابلية للاصابة متأخراً بعد أن يتقدم بها النمو وبعد ذلك تصبح مقاومة ثانية عندما تتفتح براعمها جميعاً (شكل ٣٠ Ib). في بعض الأمراض الاخرى مثل اصابة البراعم أو الثمار بواسطة الفطريات *Botrytis* ، *Penicillium* ، *Monilinia* ، *Glomerella* وفي جميع الاصابات التي تحدث بعد الجمع، فان أجزاء النبات (يعني الثمار) تكون مقاومة أثناء النمو وأثناء الفترة المبكرة من البلوغ ولكنها تصبح قابلة للاصابة قرب النضج (شكل ٣٨ II) ولايزال في أمراض أخرى مثل اللفحة المتأخرة في البطاطس المتسببة عن الفطر *Phytophthora infestans* واللفحة المبكرة في الطماطم المتسببة عن الفطر *Alternaria solani* فان قابلية الطور اليافع للاصابة خلال فترة نمو النبات تكون متبوعة بفترة ذات مقاومة نوعا ما في الاطوار المبكرة للبلوغ وبعد ذلك القابلية للاصابة بعد النضج (شكل ٣٠ III).

عندئذ يبدو واضحاً أنه بالاعتماد على الاتحادات الخاصة ما بين العائل والكائن المرض، فان عمر النبات العائل في وقت وصول الكائن المرض إليه يمكن أن يؤثر بشكل كبير على تكشف الاصابة وحدوث الوباء.



شكل ٣٠ .

تغيرات القابلية للاصابة في أجزاء النبات مع العمر. I: نبات قابل للاصابة فقط في أطوار نموه القصوى (Ia) أو في الأطوار المبكرة من نموه (Ib). II: نبات مقاوم فقط بعد أن يصل طور النضج وتزداد القابلية للاصابة بتقدم الشيخوخة. III: نبات قابل للاصابة بينما هو حديث جداً وثانية بعد أن يصل الى النضج.

العوامل الخاصة بالكائن الممرض والتي تؤثر في تكشف الأوبئة: -

١ - مستويات الشدة : -

إنه من المؤكد أن الكائنات الممرضة الشديدة قادرة على احداث الاصابة للعائل بسرعة وهذا يؤكد إنتاج كمية كبيرة من اللقاح اكبر من تلك التي تنتجها الكائنات الممرضة قليلة الشدة.

٢ - كمية اللقاح القريبة من العائل : -

كلما كثرت اعداد وسائل التكاثر للكائن الممرض (جراثيم - سكلوروشيات، بيوض.. الخ) في أو قرب الحقول المزروعة بنباتات العائل كلما زادت كمية اللقاح التي تصل الى العوائل وفي الاوقات المبكرة وهذا يزيد كثيراً فرصة حدوث وباء.

٣ - طريقة تكاثر الكائن الممرض : -

إن جميع الكائنات الممرضة تنتج كثيراً من النسل، ولكن بعض هذه الكائنات مثل معظم الفطريات، البكتيريا والفيروسات تنتج كثيراً من النسل لا يضاهى مع إنتاج الآخرين. إن قليلاً من الفطريات وكل النيماتودا والنباتات الراقية المتطفلة تنتج عدداً صغيراً نسبياً من النسل. والاكثر أهمية في هذا كله هو حقيقة أن بعض الكائنات الممرضة (معظم الفطريات، البكتيريا والفيروسات) لها دورات تكاثر قصيرة وبالتالي تستطيع إنتاج كثيراً من دورات التكاثر (التوالد) في موسم نمو واحد. هذه الكائنات الممرضة تسمى عديدة الدورات وهي عادة تسبب الاصداء، البياض وتبقعات الاوراق وهي المسئولة عن معظم أوبئة امراض النبات المفاجئة والمخيفة في العالم. بعض فطريات التربة مثل فيوزاريوم وفيرتسليم ومعظم النيماتودا عادة يكون لها دورة واحدة او قليلاً من الدورات (٢ - ٤) خلال موسم النمو. ان أعداد النسل والظروف السائدة أثناء إنتشار نسل الكائنات (فيوزاريوم، فيرتسليم ومعظم النيماتودا) يحدد مقدرتها في أن تسبب أوبئة مفاجئة ومنتشرة في موسم نمو واحد، مع ذلك فهي غالباً ما تسبب أوبئة بطيئة التكشف محلية. هناك كثيراً من الكائنات الممرضة مثل التفحمات والعديد من الاصداء ذات الدورة القصيرة والتي تفتقر الى الطور المتكرر وهذه تتطلب سنة كاملة لكي تكمل دورة حياتها (تسمى كائنات ممرضة احادية الدورة) وهي بالتالي تستطيع أن تسبب سلسلة واحدة فقط من الاصابة في السنة. في مثل هذه الأمراض فان اللقاح يبنى من سنة الى السنة التي تليها ويتكشف الوباء خلال عدة سنوات. وبالمثل فان الأوبئة المتسببة عن كائنات ممرضة تتطلب أكثر من سنة واحدة لتكمل دورة تكاثر واحدة تكون بطيئة التكشف - مثال ذلك، صدأ التفاح والسيدر يتطلب ٢ سنة، بينما الصدأ البثري في الصنوبر الأبيض يتطلب ٣ - ٦ سنوات، الدبق المتقزم (٥ - ٦ سنوات). مثل هذه اكائنات الممرضة تنتج لقاحاً وتسبب سلسلة من الاصابات كل سنة فقط نتيجة لتداخلات النسل الكثير.

٤ - بيئة الكائن الممرض : -

بعض الكائنات الممرضة مثل معظم الفطريات والنباتات الراقية المتطفلة تنتج لقاحها (جراثيم، بنور) على السطح الخارجي المعرض للهواء من العائل، ومن هناك تنطلق الجراثيم

والبذور بسهولة فوق مساحات او مسافة معينة وتسبب أوبئة منتشرة. هناك كائنات ممرضة أخرى مثل، فطريات، البكتيريا الوعائية، الميكوبلازما، الفيروسات ووحيدة الخلية تنتج وسائل تكاثرها داخل النبات، في هذه الحالة فان إنتشار الكائن المرض يكون نادراً او غير ممكناً بدون مساعدة عوامل ناقلة، وبالتالي فان مثل هذه الكائنات الممرضة تستطيع أن تسبب أوبئة فقط عندما تتوفر العوامل الناقلة بكمية كبيرة وبنشاط. لايزال هناك بعض الكائنات الممرضة الاخرى مثل الفطريات الكامنة في التربة، البكتيريا والنيماتودا تنتج لقاحها على سطوح النباتات المصابة في التربة، ففي هذه الحالة فان اللقاح ينتشر ببط ء – واذا حدث بأية حال – فانه يمثل خطر قليل لأوبئة مفاجئة أو واسعة الإنتشار.

٥ - طريقة إنتشار الكائن الممرض : -

إن جراثيم كثيراً من الكائنات الممرضة الفطرية مثل تلك التي تسبب الاصداء، البياض وتبقعات الأوراق تنطلق في الهواء ويمكن أن تنتشر بواسطة نسمات الهواء او الرياح القوية فوق مساحات مختلفة تصل لعدة أميال، هذه الأنواع من الفطريات هي المسئولة عن معظم الأوبئة الاكثر إنتشاراً وتكراراً. أما مجموعة الكائنات الممرضة والتي تسبب أوبئة مفاجئة وواسعة الإنتشار فهي المجموعة التي تلي مجموعة (الاصداء، البياض والتبقعات) وهي الأكثر أهمية من بين الكائنات الممرضة وهي تلك التي يكون لقاحها محمولاً بواسطة عوامل ناقلة محمولة في الهواء، مثل هذه الكائنات الممرضة، كثير من الفيروسات المنقولة بواسطة المن وبعض الحشرات الأخرى، الميكوبلازما والبكتيريا الحساسة المنقولة بواسطة نطاطات الاوراق والنطاطات الأخرى (نطاطات النبات)، والحشرات البرغوثية، بعض الفطريات (مثل مسبب مرض لفحة الدردار الهولندي)، بعض البكتيريا (مسبب الذبول البكتيري في القرعيات) وحتى النيماتودا (مثل مسبب مرض ذبول الصنوبر) تنتقل اساساً بواسطة الخنافس. إن الكائنات الممرضة التي تنتقل بواسطة الرياح الحاملة للمطر، اساساً الفطريات المسببة امراضاً تشبه الانثراكنوز وجرب التفاح ومعظم البكتيريا هي غالباً المسئولة سنوياً عن أوبئة شديدة لكنها محصورة الى حد ما في الحقل، او في ناحية معينة او في وادى معين. اما الكائنات الممرضة

المحمولة مع البذور او مع أعضاء التكاثر الخضرية (مثل الدرنات والأبصال) غالباً ما تكون وسطاً في النباتات القابلة للاصابة ولكن مقدرتها على أن تسبب أوبئة يعتمد على فعالية إنتقالها المتكرر على نباتات جديدة. أخيراً فان الكائنات الممرضة الموجودة في التربة والتي تنتقل بواسطة التربة بسبب القيود الطبيعية، فانها غالباً تكون غير قادرة على أن تسبب أوبئة مفاجئة او سريعة الإنتشار ولكنها غالباً ما تسبب أمراض محلية بطيئة الإنتشار وذات شدة كبيرة.

العوامل البيئية التي تؤثر على تكشف الأوبئة : -

إن غالبية أمراض النبات تحدث بمقدار صغير او كبير في معظم المناطق حيث ينمو العائل وغالباً لا تتكشف الى أوبئة شديدة واسعة الإنتشار. إن تزامن وجود نباتات قابلة للاصابة وكائنات ممرضة شديدة في نفس المنطقة لا يضمن دائماً حدوث إصابات عديدة.

إن فهم تاثير تحكم البيئة على تكشف الأوبئة يقلل كثيراً من ظهور وإنتشار الأوبئة. يمكن أن تؤثر البيئة على توفر، طور النمو، عصارية النمو وقابلية الاصابة الوراثية للعائل، وهي يمكن أن تؤثر أيضاً على البقاء حياً وبقوة، معدل سرعة التكاثر، معدل سرعة التجرثم، سكون، إتجاه ومسافة إنتشار الكائن الممرض، معدل سرعة إنبات الجراثيم والاختراق. بالاضافة الى ذلك فان البيئة قد تؤثر على عدد ونشاط العوامل الناقلة للكائن الممرض. إن اكثر العوامل البيئية أهمية التي تؤثر على أوبئة امراض النبات هي ١ - الرطوبة ٢ - الحرارة ٣ - نشاطات الانسان فيما يتعلق بالعمليات الزراعية وطرق المقاومة.

ا - الرطوبة :

كما هو مذكور في الباب السابع فان الرطوبة الزائدة والمتوفرة لمدة طويلة والرطوبة العالية المتكررة سواء كانت في شكل مطر او ندى او رطوبة نسبية عالية فانها العامل الأكثر أهمية وذو السيادة لتكشف معظم أوبئة الأمراض المتسببة عن فطريات (اللفحات، البياض

الزغبي، تبقع الأوراق، الاصداء والانثراكنوز) وأوبئة الامراض المتسببة عن بكتيريا (تبقعات الأوراق، اللفحات، الاعفان الطرية) وأمراض النيماتودا. إن الرطوبة لا تشجع فقط تكوين نموات عصارية في العائل، قابلة للاصابة ولكن الأكثر أهمية أنها تزيد تجرثم الفطر وتضاعف البكتيريا. أيضاً تسهل الرطوبة إنطلاق الجراثيم لكثير من الفطريات وتسهل أيضاً تكوين الافرازات الهلامية للبكتيريا على سطح العائل وتمكن الجراثيم من الانبات وتسهل حركة الجراثيم الهدبية والبكتيريا والنيماتودا. إن وجود مستويات عالية من الرطوبة تسمح لجميع هذه الحوادث أن تأخذ مجراها دائماً وبتكرار وبالتالي تؤدي الى الأوبئة. وعلى العكس من ذلك فان غياب الرطوبة حتى ولو لبضع أيام فانه يمنع جميع هذه الحوادث أن تأخذ مجراها وبالتالي فان تلك الأوبئة تتثبط او تتوقف كلية. بعض الأمراض المتسببة عن كائنات ممرضة كامنة في التربة مثل *Fusarium* ، *Streptomyces* تكون أكثر شدة في الجو الجاف أكثر منه في الجو الرطب ولكن الأمراض المتسببة عن هذين الفطرين نادراً ما تتكشف الى أوبئة مهمة. إن الأوبئة المتسببة بواسطة فيروسات وميكوبلازما تتأثر بالرطوبة بطريق غير مباشر فقط، فهي تتأثر اساساً عن طريق التأثير الذي تحدثه الرطوبة العالية على نشاط العامل الناقل، مثل هذا النشاط يمكن أن يزيد (كما يحدث مع العوامل الناقلة الفطرية والنيماتودا لبعض الفيروسات) او ان الرطوبة تقلل نشاط العامل الناقل كما يحدث في المن ونطاطات الأوراق وعوامل ناقلة حشرية أخرى لبعض الفيروسات والميكوبلازما، حيث أن هذه النواقل ينخفض نشاطها بشدة في الجو الممطر.

٣ - الحرارة : -

في بعض الأحيان تكون درجات الحرارة مناسبة للأوبئة سواء كانت مرتفعة أو منخفضة عن المستوى الأمثل المعين للنبات بسبب أنها تقلل مستوى المقاومة الأفقية للنبات، وعلى مستويات معينة يمكن حتى تخفيض أو إستبعاد المقاومة العمودية الممنوحة بواسطة جين هام. تصبح النباتات النامية على مثل درجات الحرارة هذه منهكة ومعرضة للمرض، درجات الحرارة هذه تزود بقايا الكائن الممرض قوة أو تجعله أقل تأثراً من العائل.

أيضاً فان الحرارة تخفض كمية اللقاح في الفطريات، البكتيريا والنيماتودا التي تبقى حية في الأشتية الباردة وتقلل لقاح الفيروسات والميكوبلازما التي تبقى حية في درجات حرارة الصيف العالية. بالاضافة الى ذلك فان درجات الحرارة تقلل عدد العوامل الناقلة التي تبقى حية في الشتاء. إن درجة الحرارة المنخفضة التي تحدث خلال موسم النمو تستطيع أن تقلل نشاط العوامل الناقلة.

إن اكثر التاثيرات شيوعاً لدرجات الحرارة على الأوبئة هو تاثيرها على الكائن الممرض خلال الأطور المختلفة للمرضية، وهذا يعني إنبات الجراثيم، فقص البيض، إختراق العائل، نمو الكائن الممرض وتكاثره، مهاجمة وغزو العائل والتجرثم. عندما تبقى الحرارة على مستوى ملائم لهذه الأطوار فان الكائن الممرض عديد الدورات يستطيع أن يكمل دورة المرض خلال أقصر فترة ممكنة من الزمن (عادة في بضع أيام) معطياً كثيراً من دورات المرض خلال موسم النمو. نظراً لأنه خلال كل دورة مرض تتضاعف كمية اللقاح عدة مرات (احياناً ١٠٠ مرة أو أكثر) ونظراً لان اللقاح الجديد من المحتمل إنتشاره الى نباتات جديدة فان هذا يؤدي الى ظهور عدد كبير من دورات المرض وتصبح اعداداً كثيرة من النباتات مصابة بالكثير والكثير من الكائنات الممرضة وبالتالي يتكشف وباء شديد.

٣ - تاثير العمليات الزراعية وطرق المقاومة التي يقوم بها الانسان : -

هناك العديد من نشاطات الانسان التي لها تاثيراً مباشراً أو غير مباشر على أوبئة امراض النبات، بعض هذه الأنشطة يلائم إنتشار الأوبئة وبعضها الآخر يقلل من تكرار وسرعة الأوبئة. من هذه الأنشطة : -

١ - إختيار المنطقة وتحضيرها : إن الحقول المنخفضة وسيئة التجفيف والتهوية خاصة اذا كانت قريبة من حقول مصابة فانها تميل لان تكون مناسبة لظهور وتكشف الأوبئة.

٢ - إختيار مادة التكاثر : إن استعمال البذور ، اصول المشاتل ومواد التكاثر الأخرى التي تحمل كائنات ممرضة مختلفة تزيد في كمية اللقاح الأولي خلال فترة نمو المحصول

وتناسب كثيراً تكشف الأوبئة. ومن ناحية أخرى فان استعمال مادة التكاثر خالية من الكائن الممرض او معاملة بالمبيدات تستطيع أن تقلل كثيراً فرصة حدوث الأوبئة.

٣ - العمليات الزراعية .. إن استمرار الزراعة الاحادية، يعني استمرار زراعة المساحات الواسعة من الأكارات بنفس صنف المحصول، وكذلك استعمال مستويات عالية من الأسمدة النيتروجينية - الزراعة بدون حراثة - الرى بالتنقيط فوق قمم النباتات، الاضرار الناتجة عن استعمال مبيدات الحشائش، قلة العمليات الصحية ، كل ذلك يزيد امكانية وشدة الأوبئة.

٤ - طرق مقاومة المرض : - إن الرش بالكيماويات، العمليات الزراعية (مثل العمليات الصحية والدورة الزراعية) المقاومة الحيوية (مثل استعمال الأصناف المقاومة) وطرق المقاومة الاخرى، تقلل أو تستبعد إمكانية حدوث وباء او مرض معين وغالباً تستبعد الأمراض الاخرى المتسببة عن كائنات ممرضة مشابهة. هناك أحياناً عمليات مقاومة معينة (مثل استعمال كيماويات معينة او زراعة صنف معين) قد تؤدى الى ظهور سلالات شديدة وهذه اما ان تكون مقاومة للكيماويات او انها تستطيع مهاجمة الصنف القادم وبالتالي تؤدي الى أوبئة.

٥ - ادخال كائنات ممرضة جديدة : - إن سهولة وتكرار التنقل بين جميع أنحاء العالم وبالتالي إنتقال البذور، الدرنات، أصول المشاتل وأي بضائع زراعية أخرى تزيد احتمالية ادخال كائنات ممرضة الى مناطق حيث لا تكون العوائل أخذت فرصتها ليتكون عندها مقاومة لهذه الكائنات الممرضة. مثل هذه الكائنات الممرضة كثيراً ما تؤدى الى أوبئة شديدة، ومن الأمثلة على ذلك لفحة أبو فروة، مرض الدردار الهولندي والأمراض التي سببت أوبئة حديثاً مثل تقرح الحمضيات المتسبب عن بكتيريا *Xanthomonas com-Pestris* Pv.*citri*

قياس أمراض النبات

عند قياس المرض، فان أي أحد من المهتمين بالقياس يقيس ١ - حدوث المرض وهذا يعني عدد أو نسبة الأجزاء المريضة (عدد الأوراق، أو نسبة النباتات ، نسبة الاوراق، السيقان

والثمار التي تظهر أي أعراض.٢ - شدة المرض، هذا يعني، نسبة المنطقة أو كمية النسيج النباتي الذي يكون مريضاً. ٣ - الفقد في الإنتاج المتسبب عن المرض، هذا يعني، نسبة الناتج الذي سوف لا يستطيع المزارع أن يجمعه بسبب تحطيمه من قبل المرض مباشرة أو أن المرض منع النبات من إنتاجه.

إن قياس حدوث المرض يكون سهلاً وسريعاً نسبياً وأن هذا القياس هو اكثر الاستعمالات شيوعاً في دراسات علم الأوبئة لقياس إنتشار المرض خلال الحقل، المنطقة أو البلد. في قليل من الحالات مثل تفحمات الحبوب، لفحة عنق الرز، العفن البني في اللوزيات والذبول الوعائي في الحوليات، فان حدوث المرض له علاقة مباشرة مع شدة المرض والخسارة في الانتاج. بينما في أمراض أخرى عديدة (مثل معظم تبقعات الأوراق، تبقعات الجذر والاصداء) والتي فيها تعد النباتات المريضة فيما اذا أظهرت بقعة واحدة او مئات البقع. إن حدوث المرض قد يكون له علاقة بسيطة مع شدة المرض او مع الفقد في الانتاج، مع أن الشدة وفقد الانتاج هما الأكثر أهمية بالنسبة للمزارع من وقوع المرض، فان قياسهما أكثر صعوبة. وفي بعض الأحيان غير ممكناً حتى وقت متأخر جداً من تكشف الوباء.

إن شدة المرض عادة توضح كنسبة مئوية او كنسبة بين المنطقة من النبات او حجم الثمار المتحطم (بواسطة الكائن الممرض) الى المساحة الكلية من النبات او حجم الثمرة الكامل. والأكثر استعمالاً هو إتخاذ مقياس من صفر الى عشرة او من واحد الى أربعة لتوضيح نسبة النسيج المصاب في وقت معين من الزمن. يقاس الفقد في المحصول نتيجة المرض في طور نمو معين او من التقديرات المتعاقبة للمرض في اطوار عديدة من نمو المحصول او عن طريق قياس المنطقة الواقعة تحت تقدم منحنى المرض.

يكون فقد المحصول دائماً موجب العلاقة مع الفقد الاقتصادي من المرض، يحدث الفقد الاقتصادي متى يكون العائد أقل إما بسبب إنخفاض الانتاج او بسبب تكاليف العمليات الزراعية التي تصمم لتقليل الاضرار على المحصول او من كليهما. إن التحكم في امراض النبات او ترويضها وهذا يمكن أن يقنع المزارع باستعمال طرق مقاومة المرض، فقط، عندما

تكون كمية تكاليف المقاومة على الأقل مساوية او عادة أصغر من كمية عائد المحصول. إذا كان مستوى المرض عبارة عن كمية الضرر الواقعة على النبات والذي يكون عندها كمية تكاليف المقاومة مساوية تماماً لكمية العائد من المحصول عندها يسمى مستوى المرض هذا الحدية الاقتصادية للمرض (Economic threshold). إن الحدية الاقتصادية لنظام الكائن الممرض والمحصول تختلف مع المستوى المتحمل للمحصول (الحدية الضارة) والذي يعتمد عى طور نمو المحصول عندما يهاجم، تكاليف عمليات ادارة المحصول، البيئة ، تغيرات شدة الكائن الممرض وعمليات المقاومة الجديدة. كذلك فان الحدية الاقتصادية تختلف مع تغير أسعار السلعة وتكاليف المقاومة.

تركيب الأوبئة : -

تتكشف الأوبئة كنتيجة للتفاعل بين التجمعين المكونيين للوباء (العوائل والكائنات الممرضة) وهما يتأثران بالبيئة ويتدخل الانسان في معظم الوقت. إن التفاعل بين العوائل والكائنات الممرضة ينتج مكوناً ثالثاً هو المرض.

إن كلاً من هذه المكونات الاساسية للأوبئة تتألف من مكونات أخرى، فبالنسبة للعائل قد يكون حولي أو شجرة تمر خلال أطوار نمو معينة (بادرة - إشطاءات - براعم) تتكاثر بالبذور أو خضريا، قد تكون مقاومة او قابلة للاصابة يمكن أن تتفاعل مع الكائن الممرض وتنتج بقع او لفحة.

أما بالنسبة للكائن الممرض فان مكوناته تتضمن المرضية (ثنائي التغذية ، رمي التغذية توكسينات، طريقة الاختراق)، الشدة (متخصص الصنف أو السلالة) ، التجرثم (نوع وكمية اللقاح)، الانتشار (نمو، بالرياح، بالماء، بعوامل نقل حشرية)، بقاؤه حياً (الشكل ومدة البقاء).

أما بالنسبة لمكونات المرض فهي تشمل الاصابة (عدد البقع، جهازية) ، المرضية (وجود وطول مدة الحضانة)، تكوين بقع (حجم - سرعة - توكسينات)، العدوى (وقت وكمية التجرثم وكمية اللقاح الجديد)، إنتشار (درجة الاصابة في تجمعات العائل)، التضاعف (طول دورة

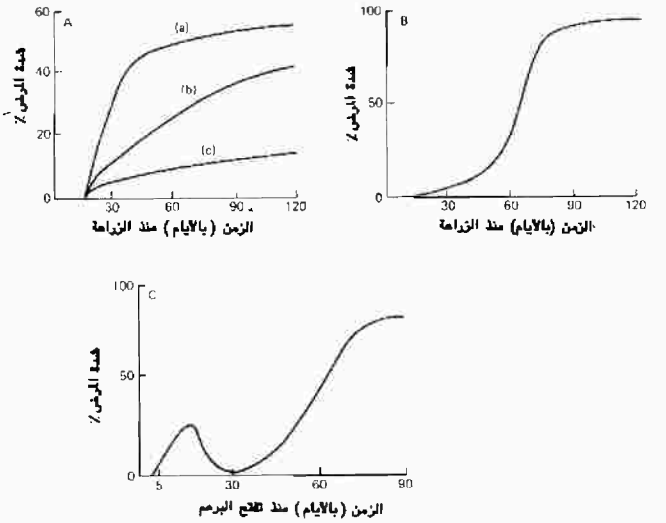
الاصابة، بقاء و/او عدد الاجيال في الموسم) وبقاؤه حياً (طول مدة البقاء بالأشهر أو السنوات).

وكلما زادت معرفتنا عن المكونات الفرعية لكل وباء فاننا أيضاً نزيد مقدرتنا لنتنبأ عن سلوك كل وباء لوحده ولنتدخل في اكثر الأطوار مناسبة للوباء بأكثر كفاءة ممكنة وبأكثر الطرق فاعلية في المقاومة لكي نمنع حدوث الوباء.

نماذج الأوبئة :

إن تفاعلات العناصر المكونة للأوبئة ونظراً لأنها تتأثر طوال الوقت بعوامل البيئة وبتدخل الانسان، فانها تشرح وتوضح بنماذج وتصنيفات. وبالتالي فان نموذج اي وباء فيما يتعلق بأعداد البقع، كمية النسيج الميت، أو الاعداد الميتة من النباتات يعطي منحنى يُظهر تقدم الوباء طول الوقت. هذا المنحنى يسمى منحنى تقدم المرض. إن نقطة الابتداء وشكل منحنى تقدم المرض توحي بمعلومات عن زمن ظهور وكمية اللقاح، التغيرات في قابلية العائل للاصابة خلال فترة النمو، تكرار حوادث الظروف الجوية وكفاءة الطرق الزراعية والمقاومة. ولان منحنيات تقدم المرض تتأثر بالجو، الصنف.. الخ فهي تختلف الى حد ما بزمن ومكان حدوثها، ولكنها بشكل عام صفة لبعض مجموعات من الأمراض. فمثلاً منحنى التشبع صفة للأمراض أحادية الدورة أما المنحنى المتعرج فهو صفة للأمراض عديدة الدورة، والمنحنى ثنائي الشكل هو صفة للأمراض التي تؤثر على أعضاء مختلفة من النبات (براعم او ثمار) شكل ٣١. كذلك فأن معرفة منحنيات تقدم المرض تسمح أيضاً بالتنبؤ بالمرض وإختيار أفضل استراتيجية لمقاومة مرض معين وفي زمن معين.

بالنسبة لنموذج الوباء فيما يتعلق بعدد البقع وكمية النسيج المريض وعدد النباتات المريضة وكيفية إنتشارها في المنطقة، فان هذا النموذج أعطي منحنى يسمى منحنى المرض المنحدر. نظراً لان كمية المرض تكون عادة أكبر بالقرب من مصدر اللقاح وتقل كلما زادت المسافة عن هذا المصدر فان معظم منحنيات المرض المنحدر زائدة المقطع ومتشابهة على الأقل

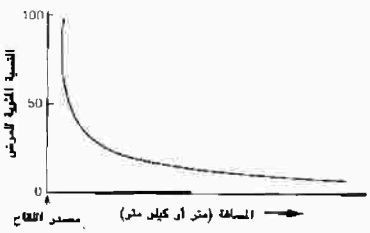


شكل ٣١ رسم بياني لسلوك منحنيات المرض لبعض نماذج الأوبئة الاساسية

A : ثلاثة امراض احادية الدورة لسرعات مختلفة من الأوبئة

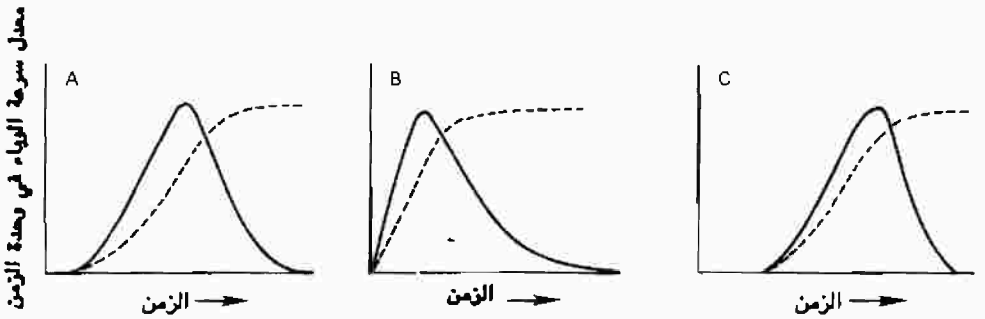
B : مرض عديد الدورات مثل اللفحة المتأخرة في البطاطس

C : مرض عديد الدورات (ثنائي الموديل) مثل العفن البني في اللوزيات والذي فيه تصاب الأزهار والثمار على فترات منفصلة مختلفة



شكل ٣٢ : رسم بياني لمنحنى درجة المرض. النسبة المئوية للمرض ومقياس المسافة يختلف حسب نوع الكائن الممرض او طريقة إنتشاره. ويبدو أنه صغيراً بالنسبة للأمراض الكامنة في التربة او المنقولة بعوامل ناقلة، وكبيراً بالنسبة للكائنات الممرضة المحمولة بالهواء

في الاطوار المبكرة للوباء. إن عدد النباتات المريضة وشدة المرض تنخفض بانحدار خلال مسافات قصيرة من المصدر وأقل إنحداراً في المسافات الأكبر حتى تصل الى الصفر او تحت المستوى الاصلي Background للنباتات المريضة عرضياً (شكل ٣٢). تكون منحنيات المرض أحياناً مسطحة بالقرب من المصدر ونتيجة للاصابات المتضاعفة ويمكن أن يصبح مسطحا مع الزمن بسبب حدوث إنتشار ثانوي.



شكل ٣٣ رسوم بيانية لمنحنيات الأمراض A : سرعة وباء متناظر . B – وباء سريع في المرحلة الأولي من الموسم . C – سرعة وباء عالية في نهاية الموسم.

الخطوط المقطعة تدل على احتمال تقدم المرض الذي يمكن أن ينتج في كل حالة من سرعة المنحنيات التراكمية للوباء

من المعلومات التى جمعت في فترات زمنية مختلفة واستعملت لوضع رسم بياني لمنحنى تقدم المرض لمعظم الأمراض (شكل ٣٣). يستطيع الانسان أن يحصل على معدل سرعة وبائية المرض، وهذا يدل على معدل سرعة نمو الوباء، عادة يرمز لمعدل سرعة الوباء بحرف (r) وهي كمية الزيادة في المرض في وحدة الزمن (اليوم، الاسبوع او السنة) في تجمعات النبات تحت الدراسة. إن نماذج معدل سرعة الوباء تُمثل بمنحنيات تسمى منحنيات معدل السرعة وهذه تختلف لمختلف مجموعات الأمراض (شكل ٣٣) وهي قد تكون متناظرة (شبه الجرس)، فمثلاً في اللفحة المتأخرة للبطاطس (شكل ٣٣. A) او تكون غير متناظرة في حالة سرعة الوباء الاكثر تبكيراً في الموسم (شكل ٣٣. B) بسبب شدة القابلية للاصابة في الأوراق الحديثة،

فمثلاً في جرب التفاح ومعظم امراض البياض الزغبي والبياض الدقيقي أو غير متناظرة مع سرعة الوباء الأكثر تأخيراً في الموسم (شكل C ٣٣) كما هو واضح في كثير من الأمراض التي تبدأ ببطء ولكنها تزداد بوضوح كلما زادت قابلية العائل للاصابة في أواخر الموسم، مثل لفحات الأوراق المتسببة عن الترناريا وذبول الفيرتسليم.

مقارنة الأوبئة : -

لاجراء أفضل مقارنة للأوبئة لنفس المرض في أوقات مختلفة واماكن مختلفة او تحت عمليات ادارية مختلفة أو لمقارنة أمراض مختلفة، فان النماذج المتحصل عليها من منحنيات تقدم المرض ومنحنيات المرض المنحدرة، فان هذه النماذج كثيراً ما تحول الى طرق حسابية وتحول الى خطوط مستقيمة. إن انحدارات هذه الخطوط يمكن أن تستعمل لحساب معدل سرعة الوباء.

بالنسبة للكائنات الممرضة احادية الدورة فان معدل السرعة يرمز له عادة (rm) ويمكن ان يحسب من منحنى تقدم المرض المنقول إذا كانت كمية اللقاح الأولى معروفة. إن الكمية النهائية للمرض تنسب الى كمية اللقاح والى الزمن الذي خلاله يكون الكائن الممرض والعائل متلامسان.

وكما ذكر سابقاً في الأمراض احادية الدورة فان كمية اللقاح لا تزيد خلال الموسم، وبالتالي فانه في مثل هذه الأمراض فان معدل سرعة زيادة المرض تتأثر فقط بالقدرة المتأصلة في الكائن الممرض ليحدث مرضاً وبواسطة مقدرة العوامل البيئية، مقاومة العائل والعمليات الزراعية لتؤثر في شدة الكائن الممرض.

وعلى العكس من ذلك فان اللقاح الأولى للأمراض المتسببة عن كائنات ممرضة عديدة الدورة مع أنه عالي الأهمية، الا أن أهميته أقل نسبياً من عدد دورات المرض في الحصيلة النهائية للمرض. يرمز عادة لمعدل سرعة الوباء (r) يمكن أن يحدد منحدرات الخطوط لمنحنى

تقدم المرض. إن الكائنات الممرضة ذات دورات الحياة العديدة لها أيضاً فرص عديدة لتتفاعل مع العائل. وبالتالي فان نفس العوامل المذكورة سابقاً، القدرة المتأصلة في الكائن الممرض ليحدث مرضاً، العوامل البيئية، مقاومة العائل والعمليات الزراعية تمتلك فرصة لتؤثر على إنتشار، إختراق، تضاعف، حجم البقعة، سرعة تكوين البقعة، وسرعة وكمية التجرثم وعدد مرات تكرره خلال نفس موسم النمو. إن الزيادة المستمرة وأحياناً المنقطعة في كمية اللقاح والمرض يمكن أن تؤدي معدلات عالية مختلفة من الاصابة للفرد في فترات زمنية قصيرة خلال موسم النمو ومعدلات مرضية مختلفة تماماً (r) لكل الموسم. وبشكل عام فان معدل المرض (r) للأمراض عديدة الدورة يكون أكبر بكثير من معدل زيادة المرض (r m) للأمراض احادية الدورة. مثال على ذلك فان (r m) لذبول فير تسليم القطن يكون ٠,٠٢ في اليوم، ويكون ١,٦ في السنة لعفن جذور القطن المتسبب عن *Phymatotrichum* ، بينما (r) للفحة المتأخرة في البطاطس يكون ٠,٠٣ – ٠,٠٥ في اليوم، ٠,٠٣ – ٠,٠٦ في اليوم لصدأ الساق الاسود، ١٥ في اليوم لفيرس موزايك الخيار.

بالاضافة الى الأمراض احادية وعديدة الدورات فان هناك امراضاً تتسبب عن كائنات ممرضة طويلة التغذية، مثل هذه الكائنات تكون موجودة لمدة اكثر من سنة واحدة في النبات المصاب قبل أن تنتج لقاح فعال – مثل – بعض فطريات الذبول وامراض الفيرس والميكوبلازما في الأشجار. إن الأمراض المتسببة عن الكائنات عديدة أو طويلة التغذية بسبب طبيعتها فانها تسلك اساساً كأمراض عديدة الدورة مع مستوى منخفض من (r). يحدث هذا بسبب أن هناك كثيراً من الأشجار المريضة وأيضاً كثيراً جداً من اللقاح في بداية السنة كما هو في نهاية السنة السابقة وكلا يزيد أسياً طيلة السنة مسبباً أوبئة اكثر بطئاً ولكنها شديدة. بعض الأوبئة طويلة التغذية المعروفة جيداً هي لفحة أبو فروة (r = ١,٢) في السنة ومرض لفحة الدردار الهولندي(r = ٠,٨ في السنة)، مرض بنما في الموز (ذبول فيوزاريوم) حيث r = ٠,٥١ في السنة، فيرس ترستيزا الحمضيات (r = ٠,٣ – ١,٢) في السنة وتقرح لحاء الدردار المتسبب عن ميكوبلازما r = ٠,٦ في السنة.

تكشف الأوبئة : -

لكي يصبح المرض هاماً في الحقل خاصة ولكي ينتشر فوق منطقة ذات مساحة كبيرة ويتكشف الى وباء شديد، يجب أن تحدث الاتحادات السليمة لعوامل البيئة وتنتشر إما باستمرار او بتكرار وعلى فترات متعاقبة فوق مساحة كبيرة حتى في الحقل الصغير المفرد الذي يحتوي الكائن الممرض. إن النباتات غالباً لا تصبح مصابة بالمرض بشدة من مجرد مجموعة واحدة من الظروف البيئية المناسبة بل تحتاج الى دورات متكررة من المرض ووقت كاف قبل أن ينتج الكائن الممرض افراداً كافية لتسبب مرضاً شديداً إقتصادياً في الحقل. إذا ما حدث وتوفرت تجمعات واسعة من الكائن الممرض فانها تستطيع أن تهاجم وتنتشر في الحقول المجاورة وتسبب مرضاً شديداً في وقت قصير جداً مجرد عدة أيام.

إن مرض النبات الوبائي يمكن أن يحدث في الحديقة، في الصوبا الزجاجية أو في حقل صغير ولكن الوباء عادة يقتضي تكشف وإنتشار سريع للكائن الممرض على أنواع خاصة من نباتات المحصول المزروع على مساحات كبيرة كما هو في الحقول الكبيرة، الوديان، مقاطعات كبيرة من الاقاليم او الأقليم كله او حتى جزء من القارة. وبالتالي فان اول عامل ضروري للوباء هو وجود منطقة كبيرة مزروعة بواحد من محاصيل النباتات متماثل وراثياً الى حد ما وتكون النباتات والحقول متقاربة تماماً مع بعضها البعض. العامل الثاني للوباء هو وجود او ظهور كائن ممرض شديد في منطقة ما تكون بين او قريبة من نباتات المحصول المذكورة سابقاً. إن مثل هذا السكن المشترك بين نباتات المحصول العائل والكائن الممرض يحدث، طبعاً، يومياً في مناطق لا حصر لها ويسبب امراضاً محلية بشدة مختلفة ولكن معظم هذه الأمراض تحطم نباتات المحصول الى مدى محدود ولا تتكشف الى اوبئة. تتكشف الأوبئة فقط عندما يحدث إتحادات وتحسن في المجموعات المطلوبة من الظروف البيئية (وهي الحرارة، الرطوبة، الرياح العوامل الناقلة الحشرية) متزامنة مع وجود طوراً أو اطواراً قابلة للاصابة، ومع كائن ممرض تتوفر فيه الصفات المطلوبة من حيث توفير الإنتشار، الحقن، الاختراق، الاصابة، التكاثر. وبالتالي لكي يتكشف الوباء يجب أن يحمل اللقاح الأصلي او الأولي الصغير للكائن الممرض

بواسطة الرياح او العوامل الناقلة الاخرى الى بعض نباتات المحصول في الوقت الذي تبدأ تصبح فيه هذه النباتات قابلة للاصابة بالكائن المرض، عندئذ يجب أن تكون الرطوبة والحرارة مناسبة للانبات وللاصابة لكي تأخذ الاصابة مجراها. يجب أن تكون الحرارة مناسبة بعد الاصابة وذلك لسرعة النمو وتكاثر الكائن المرض (فترة حضانة قصيرة ودورة مرض قصيرة) وبالتالي فان الجراثيم الجديدة العديدة سوف تظهر بأسرع ما يمكن. كذلك فان الرطوبة (المطر، الضباب ، الندى) عندئذ يجب أن تكون كافية ويجب أن تدوم مدة كافية لحدوث إنطلاقات كثيرة للجراثيم. كذلك يجب هبوب رياح ذات رطوبة معينة وسرعة جهة نباتات المحصول القابل للاصابة، ويجب ان تلتقط هذه الرياح الجراثيم وتحملها الى النباتات وهي لا تزال قابلة للاصابة. تنتقل معظم امراض النبات الوبائية بكفاءة من الجنوب الى الشمال في منتصف الكرة الأرضية الشمالي، ومن الشمال الى الجنوب في منتصف الكرة الأرضية الجنوبي. كما وان الجو الدافيء ومواسم النمو أيضاً تتحرك في نفس الاتجاه وبالتالي فان الكائنات المرضة تجد باستمرار نباتات في طورها القابل للاصابة كلما تقدم الموسم.

في كل منطقة جديدة فان نفس المجموعة من الرطوبة والحرارة المناسبة والرياح او ظروف العوامل الناقلة يجب ان تكون متكررة لكي تحدث الاصابة، التكاثر وإنتشار الكائن المرض بأقصى سرعة ممكنة. زيادة على ذلك فان هذه الظروف يجب أن تتكرر مرات عديدة ضمن كل منطقة وبالتالي يستطيع الكائن المرض أن يتضاعف وهذا يسبب زيادة في عدد الاصابات المتسببة على نباتات العائل. هذه الاصابات المتكررة عادة ما تؤدي الى تحطيم كل النبات تقريبا ضمن منطقة الوباء مع أن تماثل النباتات ومساحة المنطقة المزروعة بمرافقة الجو السائد تحدد الإنتشار النهائي للوباء.

ومن حسن الحظ فان معظم الاتحادات الملائمة لشروط تكشف المرض لا تحدث كثيراً فوق مناطق واسعة كثيراً وبالتالي فان أوبئة امراض النبات المفزعة التي تحطم المحاصيل فوق مساحات كبيرة هي نادرة نسبياً. وعلى أية حال فان هناك أوبئة صغيرة تشمل النباتات في حقل او في واد معين هذه الأوبئة الصغيرة تحدث باستمرار في اماكن متفرقة. في كثير من

الأمراض، مثلاً، اللفحة المتأخرة في البطاطس، جرب التفاح واصداء الحبوب فان الظروف البيئية تبدو عادة ملائمة وأن الأمراض الوبائية يمكن أن تحدث كل سنة حيث لا تتبع اجراءات الوقاية (رش بالكيماويات، أصناف مقاومة.. الخ) باستمرار موسمياً لمنع حدوث مثل تلك الأوبئة.

سلوك اوبئة امراض النبات

إن الوباء عملية ديناميكية يبدأ على واحد او قليل من النباتات وهذا يكون معتمداً على نوع وأهمية وبقاء العوامل البيئية التي تؤثر في العائل والكائن الممرض بحيث تزيد في شدته وإنتشاره فوق مساحات جغرافية واسعة حتي في النهاية تموت كلها. تصل الأوبئة الى نقطة او مرحلة توقف عندما تكون جميع نباتات العائل اما قتلت وإما جمعت بواسطة المزارعين أو انها اصبحت مقاومة للكائن الممرض بسبب تقدمها في السن. في كثير من الاحيان يكون مظهر وتكشف وإنتشار الأوبئة يشبه هبوب الأعاصير وفي كلتا الحالتين فان الانسان قد اهتم كثيراً في دراستهما وتحديد الظروف والشروط الواجب توفرها لكل منهما. إن الظروف التي تؤثر في زيادة وإتجاه طريق الوباء بالاضافة الى الظروف التي تسبب توقفه، والملاحظات، القياسات، المعادلات الحسابية والكمبيوتر تستعمل بشكل واسع لدراسة تكشف والتنبؤ وشدة وإتجاه ووقت المهاجمة في أي منطقة يمكن أخذها بعين الاعتبار.

إن كل مرض نباتي وبائي، مثلاً، صدأ الساق في القمح، اللفحة المتأخرة في البطاطس، جرب التفاح، البياض الزغبي في العنب يتبع سلوك قابل لأن يتنبأ به في كل منطقة في كل سنة. إن سلوك كل وباء يختلف حسب أصناف العائل وسلالات الكائن الممرض وسلالات الكائن الممرض الموجودة وحسب كمية لقاح الكائن الممرض الموجودة في بداية الوباء وحسب مستويات الرطوبة والحرارة ومعدلاتها أثناء الوباء. كلما زادت عندنا المعلومات عن كل واحد من هذه العوامل الرئيسية من عوامل الوباء وعن العوامل الفرعية لكل عامل رئيسي في أي وقت من الأوقات كلما كان أفضل لنا حتى نستطيع أن نتنبأ عن إتجاه وشدة الوباء في المنطقة

التي ظهر فيها او في الاماكن الاخرى التي يمكن أن يظهر فيها. إن المقدرة لتنبؤ عن إتجاه وشدة اي وباء، طبعاً لها نتائج عملية مهمة فهي تسمح لنا أن نحدد هل ومتى سيحدث الوباء وما هي أنواع الاستراتيجيات الادارية للمرض التي يمكن استعمالها لخفض او المنع النهائي للمرض في منطقة معينة.

حدث في السنوات الاخيرة محاولة لتحسين مقدرتنا لفهم والتنبؤ عن تكشف اي وباء، إن أخصائي امراض النبات حاولوا بنجاح الى حد ما في اكتشاف نماذج الأوبئة المحتملة لبعض الأمراض الشائعة والخطيرة. إن بناء كل نموذج يدخل في حسابه جميع العوامل الرئيسية بالاضافة الى كثير من العوامل الفرعية لكل مرض نباتي معين، هذه العوامل تؤخذ بشكل كمي، عندئذ نتعامل مع المرض بالصيغة الحسابية. تكون النماذج المتوقعة والمحسوبة (المرسومة) هي عبارة عن توضيحات مبسطة للأوبئة الحقيقية وتكون هذه النماذج مشابهة للعب الاطفال عند مقارنتها مع الاشياء الحقيقية التي تمثلها، فمثلاً لعب الاطفال مثل السيارات والطيارات تكون مشابهة للطيارات والسيارات الحقيقية ولكن هناك فرق كبير بين اللعبة والاصل وانما عملت اللعبة لأخذ فكرة بسيطة عن السيارة او الطيارة الحقيقية، وكذلك نماذج الأوبئة المرسومة او المحسوبة هي تعطي فكرة عن شكل الوباء وصورة أفضل وفهم جيد ومعرفة النسبة الحقيقية بين النموذج المرسوم والوباء الحقيقي. كلما كان التقارب والتشابه كبيراً جداً بين النموذج المتوقع والشيء الحقيقي كلما زاد ذلك في استطاعتنا ان نتخيل ونفهم الشيء الحقيقي أحسن. ولوضع نموذجاً لأوبئة امراض النبات فان كل عامل رئيسي وعامل فرعي مؤثر على المرض يمكن اعتباره مساوياً لواحد من أجزاء النموذج (اللعبة او الدمية) وكلما زادت دقة القياسات والاجزاء المناسبة التي توضع في اللعبة او الدمية كلما زادت دقة الوباء الحقيقي وكان وصفه جيداً. عندما يكون لدينا معلومات كافية عن قيمة كل عامل فرعي للوباء على مراحل مختلفة وتحت ظروف مختلفة نستطيع عندها وضع معادلة (أو اكتشاف) معادلة رياضية او قانون حسابي يصف الوباء. (إن المعادلة الرياضية او القانون الحسابي تسمى نموذج حسابي).

إن تحليل النماذج الحسابية لامراض نبات معينة تزودنا بكميات كبيرة من المعلومات الخاصة بكمية وكفاءة اللقاح الأولي، تأثيرات البيئة، مقاومة العائل المرض، طول الزمن الذي يمكن أن يتفاعل فيه العائل مع الكائن المرض وكفاءة الاستراتيجيات المختلفة للمرض. يجب أن تواصل جميع المحاولات لتأكيد نجاح نماذج الأوبئة مع الملاحظات الحقيقية. ويجب مواصلة التجارب في المناطق التي فيها احتياج الى معلومات اكثر عن سلوك امراض معينة وعن تكشف واتجاهات هذه الأمراض.

نماذج الأوبئة بالكومبيوتر

إن توفر استعمال الكومبيوتر قد سمح لأخصائي امراض النبات بوضع برنامج يسمح بتقليد الأوبئة لكثير من أمراض النبات. إن واحداً من أوائل برامج تقليد الأوبئة بالكومبيوتر يسمى ابديم (EPIDEM) كان قد كتب سنة ١٩٦٩ واستخلص من سلوك كل طور من دورة حياة كائن ممرض معين وتأثير جميع الظروف البيئية عل كل طور. لقد صمم برنامج إبديم ليحاكي (ليشابه) أوبئة اللفحة المبكرة على الطماطم والبطاطس المتسببة عن الفطر *Alternar-ia solani* ووضع أيضاً نموذج بالكومبيوتر لمحاكات وباء لفحة الأقحوان المتسبب عن *My-cosphaerella* وسمي هذا النموذج Mycos، ونموذج للفحة اوراق الذرة الجنوبية المتسببة عن الفطر *Helminthosporium maydis* وكانت باسم EPICORN، ولجرب التفاح المتسبب عن الفطر *Venturia inaequalis* كتب باسم EPIVEN. إن اكثر النماذج إنتشاراً وأكثرها مرونة هي الموضوعة أساساً لمرض الصدأ المخطط في القمح وتسمى EPIDEMIC وهذا النموذج امكن تطويره بسهولة ليشمل نظم أخرى من العائل والكائن المرض. إن برامج محاكات الأوبئة بالكومبيوتر متوفرة الان لعديد من أمراض النبات.

في تقليد الكومبيوتر للوباء فان الباحث يعطي الكومبيوتر معلومات معينة data تصف العوامل الفرعية المختلفة للوباء وطرق المقاومة في فترات معينة من الزمن (اسبوعياً مثلاً) عندئذ فان الكومبيوتر يزودنا بمعلومات مستمرة ليست متعلقة بانتشار وشدة المرض طيلة

الوقت فقط، ولكن أيضاً فيما يتعلق بالمحصول النهائي والخسائر الاقتصادية المحتمل أن تتسبب بواسطة المرض تحت شروط الوباء التي أعطيت للكومبيوتر.

إن تقليد الكومبيوتر للأوبئة يكون مفيداً كثيراً كتدريب علمي لطلاب علم أمراض النبات وأيضاً للمزارعين وبالتالي فهم ما سوف يستطيعون أن يفهموا ويقدروا تأثير كل عامل فرعي للوباء على الحجم النهائي وخسارة محاصيلهم. تكون محاكات الكومبيوتر للأوبئة اكثر فائدة حتى في مواقع المرض الحقيقية حيث يستعمل هناك كأداة تستطيع أن تقيم أهمية وحجم كل عامل فرعي للوباء في فترة معينة من الزمن وتظهر تأثيره على الخسارة الأخيرة للمحصول. بعد تأكيد العوامل الفرعية للوباء التي تكون أكثر أهمية في وقت معين فان التقليد يستخدم لتوجيه اهتمامات العمليات الادارية والتي تكون فعالة ضد هذه العوامل الفرعية المعنية في الوباء. وفي التقيمات اللاحقة للوباء فان الكومبيوتر يُقيم ليس الحالة الجارية فقط ولكن يقيم أيضاً كفاءة العمليات الادارية في مقاومة الوباء. إن تقليد الكومبيوتر للأوبئة يستعمل الان بوضوح وبكثرة في نظم التنبؤ بأمراض النبات، مثل هذه الأنظمة تسمح للمزارعين باتباع طرق المقاومة المناسبة ضد المرض حالما تكون الظروف التي من المحتمل أن تؤدي الى تكشف المرض موجودة او من المحتمل أن تكون موجودة عاجلاً.

التنبؤ بأوبئة امراض النبات: -

إن التقليد العقلاني وأي علامة لنجاح النماذج وسلوك أمراض معينة وكذلك محاكات الكومبيوتر لأمراض معينة يجعل من الممكن التنبؤ بأوبئة امراض النبات وأيضاً مفيد كثيراً للمزارعين في الادارات العملية لمرض المحصول. يسمح التنبؤ بالمرض توقع المشاكل والأسباب التي تنشر أو تزيد كثافة المرض وبالتالي تسمح لنا تحديد اذا كان هناك ضرورة لاستعمال المقاومة الكيماوية ومتى وأين يكون ذلك او تدلنا على كيفيةالتعامل مع الأمراض وعوائلها. ويجب على المزارعين دائماً أن يزنوا المخاطر، التكاليف والفوائد لكل قرار من القرارات العديدة التي تصل إليهم. فمثلاً يجب أن يقرروا فيما اذا كان ممكناً زراعة محاصيل معينة في حقل معين، أو لا يمكن، او اذا كان ممكناً شراء أصول تكاثر اعلى سعراً خالية من الفيرس

والكائنات المرضة الأخرى، أو لا يمكن ، او اذا كان ممكناً زراعة بذور أغلى ثمناً وأقل إنتاجاً ولكنها أصناف مقاومة، أو الأفضل زراعة بذور عالية الانتاج ولكنها قابلة للاصابة تتطلب وقايتها الرش بالكيماويات. وفي حالات متكررة فان المزارعين يحتاجون للتنبؤ بتكشف المرض النباتي لتقرير فيما إذا كان يمكن رش المحصول باستمرار أفضل او الانتظار لعدة أيام أخرى قبل الرش، نظراً لأنه إذا كان الانتظار ممكناً فانه بالتالي تقل كمية الكيماويات والجهد المستعملة بدون زيادة في المخاطر وفقد في المحصول.

في تطوير نظام التنبؤ بامراض النبات يجب أن يأخذ الشخص في عين الاعتبار عدة صفات للكائن المرض المعين، العائل وطبعاً البيئة. وبشكل عام فانه بالنسبة لمعظم الأمراض احادية الدورة (مثل عفن جنور البازيلاء وذبول ستيوارت في الذرة) وبالنسبة لقليل من الأمراض عديدة الدورة التي يمكن أن يكون لها كمية كبيرة من اللقاح الأولي (مثل جرب التفاح) فان تكشف المرض يمكن أن يتنبؤ به عن طريق توقع كمية اللقاح الأولى. أما بالنسبة للأمراض عديدة الدورة الاخرى (مثل اللفحة المتأخرة في البطاطس) والتي لها كمية صغيرة من اللقاح الأولي ولكن ذات دورات عديدة للمرض فان تكشف المرض يتنبؤ به بصورة أفضل عندما يمكن تقدير او تخمين معدل سرعة حدوث دورات المرض. اما بالنسبة للأمراض التي يكون فيها كلاً من كمية اللقاح الأولي وعدد دورات المرض كبيرة. - مثل - اصفرار البنجر فان كلتا الحالتين يجب أن تخمن للحصول على تنبؤ سليم للأوبئة النباتية. إن مثل هذه التخمينات كثيراً ما تكون صعبة أو مستحيلة وبالرغم من التحسينات الكبيرة في أجهزة وعلم الارصاد فإن تخمين اللقاح الأولي او سرعة دورات المرض نادراً ما تكون سليمة. وزيادة على ذلك فان مراقبة العوامل الجوية يكون اساسياً (على حد سواء مع العوامل السابقة) وغالباً ما يكون صعباً في ربطه مع تأثيرات تلك العوامل على تكشف المرض النباتي.

تقييم اللقاح الأولي للمرض

غالباً ما يكون صعباً أو مستحيلاً، في غياب العائل، أن تكتشف التجمعات الصغيرة لمعظم الكائنات المرضة. عندما تتوفر كميات متوسطة أو كبيرة من تجمعات الكائنات المرضة

فقط في مثل هذه الحالة يمكن تقييم هذه الكائنات. إن أجزاء لقاح الكائنات الممرضة الكامنة في التربة مثل الفطريات والنيماتودا تُقَيَّم بعد استخلاصها او اصطيادها من التربة. أما جراثيم الفطريات المحمولة بالهواء والعوامل الناقلة الحشرية فانها تُقَيَّم وتقدر باصطيادها بوسائل مختلفة.

يكون من السهل عادة تقدير كمية اللقاح الموجودة في مكان ما وذلك باحصاء اعداد الاصابات الناتجة على العائل خلال مدة زمنية معينة. ويكون من الصعب حتي في وجود العائل أن تحدد وتقيس كمية صغيرة من المرض، زيادة على ذلك فانه في كثير من الأمراض يكون هناك فترة حضانة خلالها يكون العائل مصاباً ولكنه لا يظهر أعراض. إن التصوير من على ارتفاعات شاهقة باستعمال أفلام حساسة وقريبها من الأشعاعات تحت الحمراء جعل من الممكن الاكتشاف المبكر والوصف الواضح للمنطقة المصابة في حقول المحاصيل (بسبب إنخفاض الانعكاسات الصادرة من أنسجة المجموع الخضري المريضة والتي احتلت بخلايا الكائن الممرض).

مراقبة العوامل الجوية التي تؤثر على تكشف المرض: -

إن مراقبة العوامل الجوية خلال مرض النبات الوبائي يمثل صعوبات عديدة، تنشأ هذه الصعوبات من الحاجة الى المراقبة المستمرة للعديد من العوامل المختلفة (حرارة، رطوبة نسبية، رطوبة الأوراق، المطر، الرياح، تلبد الجو بالغيوم) في مناطق مختلفة في عروش المحصول او على سطوح النبات في واحد أو اكثر من الحقول. كانت تؤخذ القياسات في الماضي بأدوات ميكانيكية والتي تقيس هذه التغيرات البيئية قياسة تقريبية او غير نظامية وتسجل المعلومات بطريقة غير ملائمة نسبياً. وفي السنوات القليلة الاخيرة تطورت أنواعاً عديدة من الأجهزة الكهربائية والتي تصدر ذبذبات كهربائية تسجل بسهولة بواسطة حاملات للمعلومات مبرمجة بالكومبيوتر. مثل هذه الأجهزة المبرمجة بالكومبيوتر قد حسنت كثيراً دراسات الجو وعلاقتها مع المرض وقد سهلت قبول واستعمال نظم التحكم بالمرض والتنبؤ في الزراعة.

لقد استعملت أنواعاً عديدة تقليدية وأجهزة كهربائية تعمل بالبطارية لقياس عوامل الجو المختلفة. تقاس درجات الحرارة بأنواع مختلفة من الثيرمومترات (جهاز اسمه المرطاب المحرار وهو يقيس الحرارة والرطوبة في نفس الوقت) ومنها أيضاً جهاز المزدوجة الحرارية ومنها أيضاً جهاز خاص اسمه ثيرموستورز (وهو شبه موصل للحرارة وفيه تتغير المقاومة الكهربائية بشكل واضح مع الحرارة).

أما قياس الرطوبة النسبية فيستعمل له جهاز المرطاب المحرار، وهذا يعتمد عى تمدد وانكماش شعر الانسان وعلاقته مع تغيرات الرطوبة النسبية، وجهاز آخر لقياس الرطوبة النسبية اسمه المصرد المهوى وهو يتكون من إنتفاخ رطب وآخر جاف للثيرموميتر او تيرموستور رطب او جاف، او تقاس الرطوبة النسبية بجهاز bonded salfonated polysty-rene plate electrode. والذي تتغير شحنته الكهربائية على شكل لوغارتم مع الرطوبة النسبية. وتراقب رطوبة الأوراق بأجهزة الأنواع الوترية والتي تنقبض عندما ترطب وترتخي عندما تكون جافة واما ان يترك آثاراً من الحبر في السير او يقفل او يفتح دائرة كهربائية. هناك عديداً من أجهزة الرطوبة الكهربائية متوفرة والتي يمكن أن تعلق إما على الاوراق او توضع بين الأوراق وهي تكشف وتقيس بقاء المطر او الندى وذلك لان المطر او الندى يساعدان في غلق الدائرة الكهربائية الواصلة بين قطبين. أما قياس المطر والرياح وتلبد الجو بالغيوم (الاشعاع) لاتزال تقاس بالاجهزة التقليدية (أقماع المطر، معايير بأشكال معينة لقياس كمية المطر، كؤوس، المرياح الحراري لقياس شدة الريح، المراوح لقياس دورة الريح البايرانومتر لقياس الاشعاعات. إن عديداً من هذه الأجهزة أصبحت متلائمة مع المراقبة الالكترونية.

في النظم الحديثة لمراقبة الجو فان أجهزة الجو تكون متصلة مع وسائل حمل المعلومات (الداتا). يمكن أن تقرأ المعلومات على نتوءات رقيمة او أنها تنقل لشريط كاست مسجل او الى آلة طابعة. تؤخذ المعلومات من الشريط وتنقل الى كومبيوتر معين حيث تبحث هناك، وتعامل بالعديد من لغات الكومبيوتر وتنظم على أسطوانات منفصلة لكل جو متغير، يرسم بيانياً ويحلل. وبالاعتماد على النموذج الخاص للمرض المستعمل فان ذلك يزودنا بمعلومات صحيحة

عن الجو وهذه المعلومات أكثر القواعد فائدة لتنبؤ عن التجرثم والاصابة وبالتالي يزودنا بأفضل التحذيرات لتوقيت عمليات ادارة المرض مثل تطبيق استعمال المبيدات الفطرية.

امثلة على نظم التنبؤ بامراض النبات: -

إنه من المفيد بشكل عام الحصول على أكبر كمية من المعلومات تكون متوفرة عن المرض قبل المغامرة بالتنبؤ عن تكشفه. في حالات كثيرة فان واحداً او اثنان من العوامل التي تؤثر على تكشف المرض تكون سائدة كثيراً حيث تكون معرفتها في حالات كثيرة كافية لتكوين تنبؤ صحيح ومعقول. هناك عديداً من نظم التنبؤ بأمراض النبات يمكن أن تستعمل في ١ - قياس كمية اللقاح الأولي، مثلاً ذبول ستيوارت في الذرة، العفن الازرق في الدخان، اللفحة النارية في التفاح والكمثرى، عفن جذر البازيلاء وامراض اخرى متسببة عن كائنات ممرضة كامنة في التربة مثل سكليروشيم والتيماتودا الحوصلية. ٢ - لقياس بعض النظم الاخرى التي تستعمل عدد دورات المرض او كمية اللقاح الثانوي، مثلاً (اللفحة المتأخرة في البطاطس، تبقع السيركوسبورا وتبقعات الأوراق الأخرى والبياض الزغبي في العنب. ٣ - لقياس النظم الاخرى التي لا تزال تستعمل كمقاييس لكمية اللقاح الأولي بالاضافة الى عدد دورات المرض او كمية اللقاح الثانوي (جرب التفاح، العفن الأسود في العنف، اصداء الحبوب، لفحة البوترايتس على الأوراق، العفن الأزرق واصفرار بنجر السكر. وفيما يلى شرحاً تفصيلياً لكل من هذه النقاط الثلاثة.

١ - التنبوءات المبنية على كمية اللقاح الأولي : -

إن مرض ذبول ستيوارت في الذرة المتسبب عن بكتيريا *Erwinia stewartii* حيث الكائن الممرض حياً في الشتاء في أجسام الناقلات الحشرية له وهي الخنافس البرغوثية للذرة. وبالتالي فان كمية المرض التى سوف تتكشف في موسم النمو يمكن أن نتنبأ عنها إذا عرفنا عدد الناقلات الحشرية للكائن الممرض التي بقيت حية في الشتاء الماضي، لان هذه الاعداد هي التي تسمح لنا بتقدير كمية اللقاح التي أيضاً بقيت حية في الشتاء الماضي. ولقد

تبين أن الخنافس البرغوثية للذرة تقتل بواسطة درجات حرارة منخفضة لمدة طويلة في الشتاء، وبالتالي عندما يكون مقدار متوسط درجات الحرارة لشهور الشتاء الثلاثة ديسمبر، يناير وفبراير في منطقة معينة أقل من (-١ درجة مئوية) فان معظم الخنافس الناقلة تموت وبالتالي يكون هناك قليل او لا يوجد بكتيريا ذبول خلال موسم النمو اللاحق، بينما الأشتية الدافئة تسمح بمقدار كبير من الخنافس الناقلة أن تبقى حية وبالتالي ستنتشر ذبول أكثر شدة نسبياً في الموسم اللاحق. في مرض البياض الزغبي للدخان (العفن الأزرق) المتسبب عن الفطر *Peronospora tabacina* فان المرض في كثير من السنوات يكون اساس تهديد مهاد البذور في ولايات إنتاج الدخان. عندما تكون درجات الحرارة في يناير فوق المعدل فيمكن أن يتوقع ظهور العفن الأزرق مبكراً في مهاد البذور في المواسم اللاحقة ويسبب خسارة شديدة. وعلى العكس من ذلك عندما تكون درجات الحرارة أقل من المعدل فمن المتوقع أن يكون ظهور العفن الأزرق متأخراً في مهاد البذور ويسبب خسائر قليلة. نتيجة لهذا فاذا توقعنا حدوث المرض في مهاد البذور فان إجراءات المقاومة يمكن أن تتبع لمنع المرض من أن يصبح متوطداً والمقاومة التالية في الحقل تكون أكثر سهولة في مقاومة المرض. في السنوات الأخيرة استعمل جهاز تحذير للعفن الأزرق في امريكا الشمالية بواسطة جمعية امراض الدخان وجمعية الخدمات التعاونية. إن نظام التحذير يبقي الصناعة على إتصال واطلاع على مناطق وأوقات ظهور وإنتشار العفن الأزرق ويساعد المزارعين الى حد ما بتوقيت المقاومة ومدى شدة استعمالها.

في عفن جذور البازيلاء المتسبب عن الفطر *Aphanomyces euteiches* وفي الأمراض الأخرى المتسببة عن فطريات كامنة في التربة وبعض النيماتودا فان شدة المرض في الحقل خلال موسم النمو يمكن أن يُتنبؤ بها بواسطة إختبارات الشتاء في الصوبات الزجاجية. في هذه الاختبارات تزرع النباتات في الصوبا الزجاجية في تربة مأخوذة من الحقل موضوع التجربة. اذا أظهرت إختبارات الصوبا الزجاجية تكشف شديد لمرض الجذور في تربة معينة فان الحقل الذي أخذت منه التربة يجب أن لا يزرع بالمحصول القابل للاصابة، وعلى العكس فان الحقول التي أظهرت عينات التربة المأخوذة منها تكشف قليل للمرض او لم يظهر عفن

الجذر فعندها يمكن زراعة هذه الحقول ويمكن أن نتوقع إنتاجها لمحصول خال من عفن الجذر بشكل معقول. بالنسبة لبعض الكائنات الممرضة الكامنة في التربة مثل *Verti-* ، *Selerotium cillium* والنيماتودا الحوصلية *Heterodera* والنيماتودا *Globodera* فيمكن تقدير اللقاح الاولي مباشرة عن طريق عزل الاجسام الحجرية الفطرية سكلوروشيا وحويصلات النيماتودا وعدها منسوبة الى غرام واحد من التربة. كلما زادت اعداد أجزاء التكاثر كلما زادت شدة المرض الناتج.

في اللفحة النارية على كل من التفاح والكمثرى المتسببة عن *Erwinia amylovora* فان الكائن الممرض يتضاعف أكثر بطئاً على درجة الحرارة التي هي أقل من ١٥ م منه على درجات حرارة اعلى من ١٧ م. يمكن أن نتوقع حدوث إنتشار المرض في كاليفورنيا في أشجار الفاكهة اذا كان متوسط درجات الحرارة اليومية جاوز تنبؤ المرض الذي حصلنا عليه بواسطة رسم خطاً من ١٧.٦ م في اول مارس الى ١٤.٤ م في اول مايو وبالتالي عندما تتوفر هذه الظروف فانه يوصى باستعمال المبيدات البكتيرية خلال التزهير لمنع حدوث وباء.

٢ - التنبوءات المبنية على الظروف الجوية الملائمة لتكشف اللقاح الثانوي:-

في اللفحة المتأخرة على البطاطس والطماطم المتسببة عن الفطر *Phytophthora infestans* فان اللقاح الأولى يكون منخفضاً وعادة ما يكون قليلاً جداً بحيث يصعب اكتشافه وعده مباشرة. حتى في اللقاح الأولي المنخفض فان إبتداء وتكشف وباء اللفحة المتأخرة يمكن التنبؤ به بدقة معقولة اذا بقيت ظروف الحرارة والرطوبة في الحقل ضمن معدل معين ملائم للفطر. عندما تسود درجات الحرارة الباردة وتبقى مستقرة بين ١٠ - ٢٤ م وتبقى الرطوبة النسبية فوق ٧٥٪ على الأقل لمدة ٤٨ ساعة، تأخذ الاصابة مجراها ويمكن أن يتوقع إنتشار اللفحة المتأخرة بعد فترة ٢ - ٣ أسابيع. اذا توفر خلال تلك المدة أو بعدها ساعات عديدة من المطر، الندى أو رطوبة نسبية قريبة من حد الاشباع، كل هذه الأمور سوف تساعد في زيادة المرض وسوف

يكون التنبؤ صحيحاً الى درجة كبيرة بحدوث وباء كبير للفحة المتأخرة. في السنوات الأخيرة فأن أنظمة التنبؤ بالكومبيوتر لأوبئة اللفحة المتأخرة قد تطورت كثيراً. في احدى هذه الأنظمة حيث يسمى BLITECAST، فان الحرارة والرطوبة تكونا مراقبتين باستمرار، ومن هذه المعلومات فان كمية شدة المرض تحسب ويتنبؤ بها وتوضع التوصيات للمزارعين لمعرفة متى يبدأ الرش. حدث تحسينات أكثر حداثة في أجهزة التنبؤ عن اللفحة المتأخرة تشمل بالاضافة للبيانات عن الرطوبة والحرارة معلومات عن درجة مقاومة صنف البطاطس للفحة المتأخرة وكفاءة المبيدات الفطرية المستعملة. إن المعلومات المأخوذة من كل هذه الأجهزة، طبعاً، مفيدة جداً في وضع صيغة التوصيات في تطبيق المبيدات الفطرية

إن عديداً من تبقعات الأوراق مثل تلك المتسببة عن *Cercospora* على الفول السوداني والكرفس والفطر *Exserohilum (Helminthosporium) turcicum* على الذرة يمكن التنبؤ بها بالأخذ في عين الاعتبار عدد الجراثيم المصطادة في اليوم، الحرارة ومدة بقاء الرطوبة النسبية قريبة من ١٠٠٪ويُتنبؤ بفترة الاصابة إذا كانت الرطوبة النسبية عالية (٩٥ - ١٠٠٪) وتدوم لمدة أكثر من ١٠ ساعات عندئذ يطلب من المزارعين وبالحاح استعمال الكيماويات رشاً وبدون تأخير.

٣ - التنبؤات المبنية على كميات اللقاح الأولى والثانوي: -

في حالة مرض جرب التفاح المتسبب عن الفطر *Venturia inaequalis* فان كمية اللقاح الأولى (جراثيم اسكية) تكون عادة كثيرة وتنطلق بعد فترة ١ - ٢ شهر بعد تفتح البراعم. يجب منع حدوث الاصابات من اللقاح الاساسي بالتوقيت المناسب لاستعمال المبيدات الفطرية خلال التزهير والتوريق المبكر (بداية ظهور الأوراق) وتكشف الثمرة، وإلا فمن المحتمل أن يفقد المحصول كله. ينتج اللقاح الثانوي كونيديات بعد الاصابة الاساسية والذي يضاعف نفسه عدة أضعاف مع كل جيل متوال. يستطيع الكائن الممرض أن يصيب الورقة الرطبة أو سطوح الثمرة على متوسط درجة حرارة من ٦ - ٢٨° م. إن المدة التي تحتاجها الأوراق والثمار لكي

تكون مبتلة هي أكثر قصراً على درجات الحرارة المثلى عنه في اي من درجات الحرارة القصوى سواء عالية كثيراً او منخفضة جداً (٩ ساعات على درجات ١٨ – ٢٤م مقابل ٢٨ ساعة على درجات حرارة ٦ م أو ٢٨ م). بواسطة ربط المعلومات عن الحرارة ومدة بقاء الورقة رطبة عندها يستطيع جهاد التنبؤ عن جرب التفاح أن يتنبأ ليس فقط عن مدى توفر وقرب فترة الاصابة وإنما أيضاً فيما إذا كانت فترات الاصابة سوف تؤدي الى مرض شديد أو متوسط أو بسيط. تجمع مثل هذه المعلومات وتحلل بواسطة أشخاص او بواسطة أجهزة الكومبيوتر الخاصة بالجو وتستعمل في عمل توصيات للمزارعين. وهذه التوصيات تكون مدروسة بالنسبة لاحتياج استعمال المبيدات الفطرية ووقت ذلك، وكذلك نوع المبيد (واقٍ أو مستأصل) التي يجب أن تستعمل لمقاومة المرض.

في حالة اصداء الساق والورقة في القمح المتسببة عن الفطريات *Puccinia graminis* والفطر *P.recondita* الثاني فان فترة التنبؤ تكون قصيرة (١ – ٢ أسبوع) لكي نتنبأ عن كثافة المرض الذي يتبع تلك الفترة ويمكن الحصول على هذا التنبؤ بالوضع في الاعتبار حدوث المرض، طور نمو النبات وتركيز الجراثيم في الهواء.

في كثير من أمراض النبات الفيروسية التي تنقل بواسطة الحشرات، مثلاً (اصفرار وتقزم الشعير، فيرس موزايك الخيار واصفرار بنجر السكر) فان احتمالية، واحياناً شدة الأوبئة يمكن أن يتنبأ بها. هذا يكون سهلاً وذلك عن طريق تحديد عدد المن وخاصة الافراد الحاملة للفيرس القادمة للحقل في أطوار مختلفة من نمو العائل. إن عدد أفراد حشرات المن التي تُمسك في المصائد الموضوعة في الحقل تختبر (لتفاعلها مع الفيرس) وذلك بالسماح لها لتتغذي على النباتات السليمة او عن طريق إختبارها بالاختبارات السيرولوجية للفيرس باستعمال طريقة ELISA.كلما كثرت أعداد حشرات المن الناقلة للفيرس وكلما كان اكتشافها مبكراً كلما زادت السرعة والشدة للاصابة التي سيحدثها الفيرس. مثل هذا التنبؤ يمكن أن يجرى له تحسين عن طريق الوضع في عين الاعتبار درجات حرارة الشتاء المتأخرة والربيع المبكر والتي تؤثر على حجم حشرات المن الناقلة للفيرس في التشتية.

أجهزة تحذير المزارعين :-

في كثير من الاقطار والولايات هناك أنواعاً مختلفة من أجهزة التحذير مستعملة الآن لواحد او اكثر من امراض النبات المهمة. إن هدف هذه الأجهزة هو تحذير المزارعين عند قرب بداية فترة الاصابة أو ان اصابة قد حدثت فعلاً وبالتالي يستطيع المزارعون فوراً استعمال طرق المقاومة الخاصة لوقف الاصابات الحديثة من أن تتكشف او منع حدوث اصابات اكثر.

في معظم الحالات فان جهاز التحذير يبدأ مع المزارع إما على شكل تلفون او عامل إتصال او خبير خاص يعاين بعض الحقول على قواعد منتظمة أو عندما تكون الظروف الجوية من المحتمل أنها تلائم نضج اللقاح الاساسي او ظهور مرض معين.عندما يوجد لقاح ناضج (مثل الجراثيم الاسكية في جرب التفاح) أو آثار من المرض (اللفحة المتأخرة في البطاطس) يبلغ مكتب إتصال الأقليم ومكتب الاتصال هذا بدوره يبلغ جهاز أخصائي امراض النبات في الولاية الذي بدوره يفحص جميع التقارير عن المرض من الولايات المحيطة وبواسطة التلفون او بكتابة نشرات او بلاغات جميعها ترسل للمسئولين في الإقليم والذين هم بدورهم يتصلوا بالتلفون او بالراديو او بأي وسيلة إتصال اخرى محذرين جميع المزارعين في البلد.

بالنسبة للأمراض ذات الطاقة المحلية أو الأوبئة العالمية المتتابعة فان جهاز أخصائي أمراض النبات يحذر مكتب معاينة امراض النبات الفدرالي في الولايات المتحدة قسم الزراعة والذي بدوره يحذر جميع أجهزة متخصصي امراض النبات في الولايات المجاورة او الولايات الاخرى التي من الممكن أن تتأثر بمرض النبات موضوع البحث.

لقد جربت حديثاً أجهزة إنذار تعمل بالكومبيوتر وتستعمل لأمراض معينة في بعض الولايات. بعض هذه الاجهزة BLITECAST يستعمل أجهزة الكومبيوتر المثبتة مركزياً التي تتعامل مع المعلومات المجموعة عن الطقس في المزرعة بواسة افراد المزارعين والذين يسجلوها في هذه الاجهزة عندما تسود ظروف جوية معينة او على فترات معينة. عندئذ فان جهاز الكومبيوتر يتعامل مع هذه المعلومات ويحدد فيما اذا كانت فترة الاصابة وشيكة الحدوث، او

من المحتمل أن تحدث او لا يمكن أن تحدث، وتعمل توصيات للمزارعين لكي يعرفوا فيما اذا كان هناك ضرورة اولا لرش النباتات وأي المواد التي تستعمل.

والأكثر حداثة في هذا المجال هو ظهور كومبيوترات صغيرة لأغراض خاصة والتي لها أجهزة موجودة في الحقل بحيث تركب على عمود في المزرعة، مثل هذه الوحدات (جهاز تنبؤ جرب التفاح) تجمع المعلومات في الحقل عن الحرارة، الرطوبة النسبية، بقاء الأوراق رطبة وكمية سقوط الأمطار وتحلل هذه المعلومات أتوماتيكياً وتعمل تنبؤات وترشد عن حدوث المرض وشدته في المنطقة وتعمل توصيات لطرق وقاية المرض. يمكن استعمال نفس الوحدة لأى مرض يتوفر له برنامج تنبؤ او الذي يمكن وضع برمجة له إما من الوحدة او أن يجرى تغيير في لوحات دوائر البرنامج الأول او بأي طريقة، بحيث يكون فيها برمجة الكومبيوتر سليمة. إن التنبؤ من مثل هذه الوحدات يحصل عليه بواسطة استعمال مفتاح لوحات مبسط وتعرض بشكل صحيح في الحقل أو أن الوحدة يمكن أن توصل بكومبيوتر شخصي إذا ما رُغب في الحصول على معلومات أخرى.

المراجع

Adams, P. B. (1981). Forecasting onion white rot disease. *Phytopathology* **71**, 1178–1181.

Anonymous (1983). Symposium on estimating yield reduction of major food crops of the world. (Several papers.) *Phytopathology* **73**, 1575–1600.

Berger, R. D. (1977). Application of epidemiological principles to achieve plant disease control. *Annu. Rev. Phytopathol.* **15**, 165–183.

Berger, R. D., and Bartz, J. A. (1982). Analysis of monocyclic pathosystems with *Erwinia-Lycopersicon* as the model. *Phytopathology* **72**, 365–369.

Castor, L. L, Ayers, J. E., MacNab, A. A., and Krause, R. A. (1975). Computerized forecasting system for Stewart's bacterial disease on corn. *Plant Dis. Rep.* **59**, 533–536.

Day, P. R., ed. (1977). "The Genetic Basis of Epidemics in Agriculture," Ann. N. Y. Acad. Sci., Vol. 287. N. Y. Acad. Sci., New York.

Easton, G. D. (1982). Late blight of potatoes and prediction of epidemics in arid central Washington state. *Plant Dis.* **66**, 452–455.

Fleming, R. A. (1983). Development of a simple mechanistic model of cereal rust progress. *Phytopathology* **73**, 308–312.

Fry, W. E. (1982). "Principles of Plant Disease Management." Academic Press, New York.

Gibbs, J. N. (1978). Intercontinental epidemiology of Dutch elm disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* **16**, 287–307.

Gilligan, C. A. (1983). Modeling of soilborne pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* **21**, 45–64.

Gutierrez, A. P., DeVay, J. E., Pullman, G. S., and Freibertshauser, (1983). A model of *Verticillium* wilt in relation to cotton growth and development. *Phytopathology* **73**, 89–95.

Hatfield, J. L., and Thomason, I. J., eds. (1982). "Biometerology in Integrated Pest Management." Academic Press, New York.

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

Huismann, O. C. (1982). Interactions of root growth dynamics to epidemiology of root-invading fungi. *Annu. Rev. Phytopathol.* **20**, 303–327.

James, W. C. (1974). Assessment of plant disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* **12**, 27–48.

Jones, A. L., Lillevik, S. L., Fisher, P. D., and Stebbins, T. C. (1980). A microcomputer-based instrument to predict primary apple scab infection periods. *Plant Dis.* **64**, 69–72.

Jones, A. L., Fisher, P. D., Seem, R. C., Kroon, J. C., and Van De Motter, J. (1984). Development and commercialization of an in-field microcomputer delivery system for weather-driven predictive models. *Plant Dis.* **68**, 458–463.

Kampmeijer, P., and Zadoks, J. C. (1977). "EPIMUL. A Simulator of Foci and Epidemics in Mixtures of Resistant and Susceptible Plants, Mosaics and Multilines." Pudoc, Wageningen, The Netherlands.

Kranz, J., and Hau, B. (1980). Systems analysis in epidemiology. *Annu. Rev. Phytopathol.* **18**, 67–83.

Krause, R. A., Massie, L. B., and Hyre, R. A. (1975). BLITECAST, a computerized forecast of potato late blight. *Plant Dis. Rep.* **59**, 95–98.

MacHardy, W., and Sondei, J. (1981). Weather-monitoring instrumentation for plant disease management programs and epidemilogical studies. *N. H., Agric. Exp. Stn., Bull.* 519. 1–40.

MacKenzie, D. R. (1981). Scheduling fungicide applications for potato late blight with BLITECAST. *Plant Dis.* **65**, 394–399.

Madden, L. V. (1983). Measuring and modeling crop losses at the field level. *Phytopathology* **73**, 1591–1593.

Minogue, K. P., and Fry, W. E. (1983). Models for the spread of disease: Model description. *Phytopathology* **73**, 1168–1173.
Minogue, K. P., and Fry, W. E. (1983). Models for the spread of a plant disease: Some experimental results. *Phytopathology* **73**, 1173–1176.
Nesmith, W. C. (1984). The North American blue mold warning system. *Plant Dis.* **68**, 933–936.
Ostergaard, H. (1983). Predicting development of epidemics on cultivar mixtures. *Phytopathology* **73**, 166–172.
Pedgley, D. E. (1982). "Windborne Pests and Diseases—Meteorology of Airborne Organisms." Halsted Press, Wiley, New York.
Plumb, R. T., and Thresh, J. M., eds. (1983). "Plant Virus Epidemiology: The Spread and Control of Insect-Borne Viruses." Blackwell, Oxford.
Populer, C. (1978). Changes in host susceptibility with time. *In* "Plant Disease" (J. G. Horsfall and E. B. Cowling, eds.), Vol. 2, pp. 239–262. Academic Press, New York.
Rapilly, F. (1979). Yellow rust epidemiology. *Annu. Rev. Phytopathol.* **17**, 59–73.
Sall, M. A. (1980). Epidemiology of grape powdery mildew: A model. *Phytopathology* **70**, 338–342.
Scott, P. R., and Bainbridge, A., eds. (1978). "Plant Disease Epidemiology." Blackwell, Oxford.
Seem, R. C. (1984). Disease incidence and severity relationships. *Annu. Rev. Phytopathol.* **22**, 133–150.
Sutton, J. C., Gillespie, T. J., and Hildebrand, P. D. (1984). Monitoring weather factors in relation to plant disease. *Plant Dis.* **68**, 78–84.
Teng, P. S., and Zadoks, J. C. (1980). Computer simulation of plant disease epidemics. *In* "Yearbook of Science and Technology." pp. 23–31. McGraw-Hill, New York.
Thomson, S. V., Schroth, M. N., Moller, W. J., and Reil, W. O. (1982). A forecasting model for fire blight of pear. *Plant Dis.* **66**, 576–579.
Toler, R. W., Smith, B. D., and Harlan, J. C. (1981). Use of aerial color infrared photography to evaluate crop disease. *Plant Dis.* **65**, 24–31.
Vanderplank, J. E. (1963). "Plant Diseases: Epidemics and Control." Academic Press, New York.
Vanderplank, J. E. (1975). "Principles of Plant Infection." Academic Press, New York.
Young, H. C., Jr., Prescott, J. M., and Saari, E. E. (1978). Role of disease monitoring in preventing epidemics. *Annu. Rev. Phytopathol.* **16**, 263–285.
Zadoks, J. C. (1984). A quarter century of disease warning. *Plant Dis.* **68**, 352–355.
Zadoks, J. C., and Schein, R. D. (1979). "Epidemiology and Plant Disease Management." Oxford Univ. Press, London and New York.