ولمزيد من التفاصيل عن وسائل انتقال الفيروسات النباتية .. يراجع ما يلى :

المرجع	وسيلة الانتقال
١٩٦٧ Yarwood & Fulton	ميكانيكا
١٩٦٧ Swenson	بالحشرات
١٩٧٦ Costa	بالنبابة البيضاء
١٩٦٧ Raski & Hewitt	بالنيماتودا
١٩٧٢ Taylor	بالنيماتودا
١٩٦٧ Slykhuis ، ١٩٧٢	بالأكاروس
١٩٦٧ Teakle، ١٩٧٢	بالفطريات
١٩٦٧ Bennett	بالحامول
١٩٦٧ Bos	بالتطعيم
١٩٧٢ Whitcomb	بالـ Auchenorrhynchous Homoptera
١٩٧٢ Shepherd	بالبذور وحبوب اللقاح
١٩٧٢ Watson	بالمن

طرق تقدير شدة الإصابة أو المقاومة فى اختبارات التقييم

يجب عند اختيار الطريقة المثلى لتقدير شدة الإصابة أو المقاومة للأمراض أن يكون الباحث ملماً بأعراض المرض من كافة جوانبه ، وبمدى تأثير الإصابة فى النمو النباتى ، ليتسنى وضع الأسس السليمة لتقدير المرض . فمثلا .. وجد Madamba وآخرون (١٩٦٥) أن إصابة العوائل غير المناسبة Uusuitablc Hosts بنيماتودا تعقد الجذور يتبعه نقص فى قوة النمو ، إلا أنه قد تحدث زيادة فى قوة النمو فى أحيان أخرى .

ويحدث النقص فى قوة النمو عند استعمال تركيز عال من اللقاح Inoculum ، بينما تحدث الزيادة فى قوة النمو عند استعمال تركيز منخفض ، أو متوسط منه ، ويتوقف ذلك على المحصول المُعْدِى . وقد تبين أن النباتات التى تزيد فيها قوة النمو يتكون فيها عدد كبير من الجذور الجانبية ، ومرد ذلك إلى أنه – فى حالة التركيز المنخفض للعدوى – تصيب يرقات النيماتودا الجذور الأولى للنبات ؛ الأمر الذى يؤدى إلى تكوين جذور جديدة كثيرة ، فتزداد قدرة النباتات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية ، وتزيد قوة نموها تبعا لذلك .

أما عندما يكون تركيز الملح مرتفعا .. فإن جميع الجذور الأولى والتالية فى التكوين تصاب ببرقات النيماتودا ؛ وبذا .. يستنفذ النبات مخزونه من المواد الغذائية فى تكوين الجذور الجديدة ، مما يؤدى إلى نقص قوة نموه . ونقدم فيما يلى عرضا لأهم الطرق المستخدمة فى تقدير شدة الإصابة ، أو المقاومة للأمراض :

١ – حساب نسبة أو عدد النباتات المصابة :

يكون من السهل حساب نسبة أو عدد النباتات المصابة حينما يمكن تقسيم النباتات إلى مصابة وسليمة فقط ، مثلما يحدث عندما يموت النبات كله ، أو عندما تكون إصابة النباتات بنفس الدرجة .

٢ – حساب شدة الإصابة على مقياس للمرض Disease Scale :

تقدر شدة الإصابة فى هذه الحالة بحصر عدد النباتات أو الأعضاء النباتية التى تقع فى أقسام معينة لمقياس لشدة الإصابة يتم اختياره بعناية ، ثم يحصل على رقم واحد لشدة الإصابة بالمعادلة التالية :

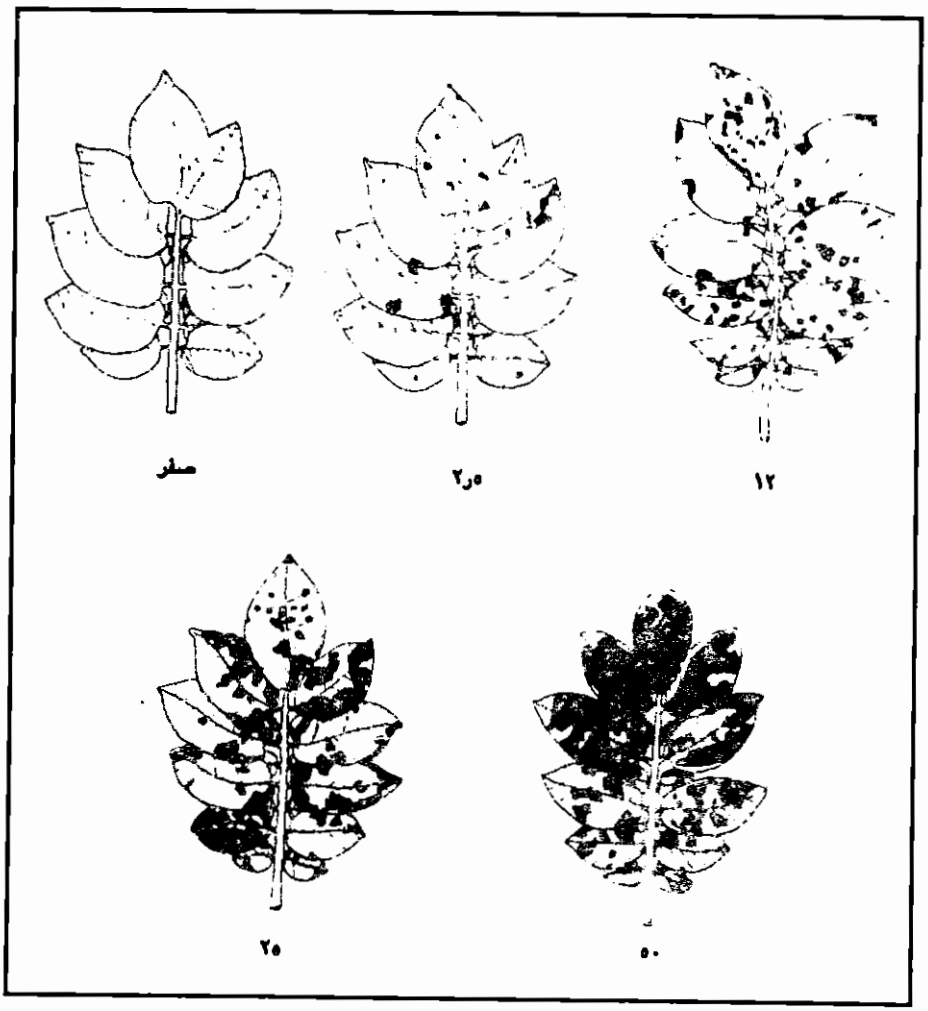
$$\text{شدة الإصابة} = \frac{\text{مجموع (عدد النباتات فى كل قسم من مقياس المرض مضروبا فى رقم القسم)}}{\text{المجموع الكلى للنباتات المختبرة}}$$

ومن أمثلة المقاييس المرضية التى تستخدم فى هذا المجال ما يلى :

أ – اعتماد المقياس على توزيعات متساوية لنسبة الأعضاء أو الأنسجة النباتية المصابة مثل صفر – ١٠ ٪ ، و ١٠ر١ – ٢٠ ٪ ... وهكذا إلى ٩٠ر١ – ١٠٠ ٪ ، أو صفر – ٢٥ ٪ ، و ٢٥ر١ – ٥٠ ٪ ، و ٥٠ر١ – ٧٥ ٪ ، و ٧٥ر١ – ١٠٠ ٪ ... إلخ من التوزيعات المتساوية ، ثم يختصر ذلك كله فى صورة أرقام عددية تمثل شدة الإصابة ، فيكون المقياسان السابقان – مثلا – من ١ إلى ١٠ ، ومن ١ إلى ٤ على التوالى .

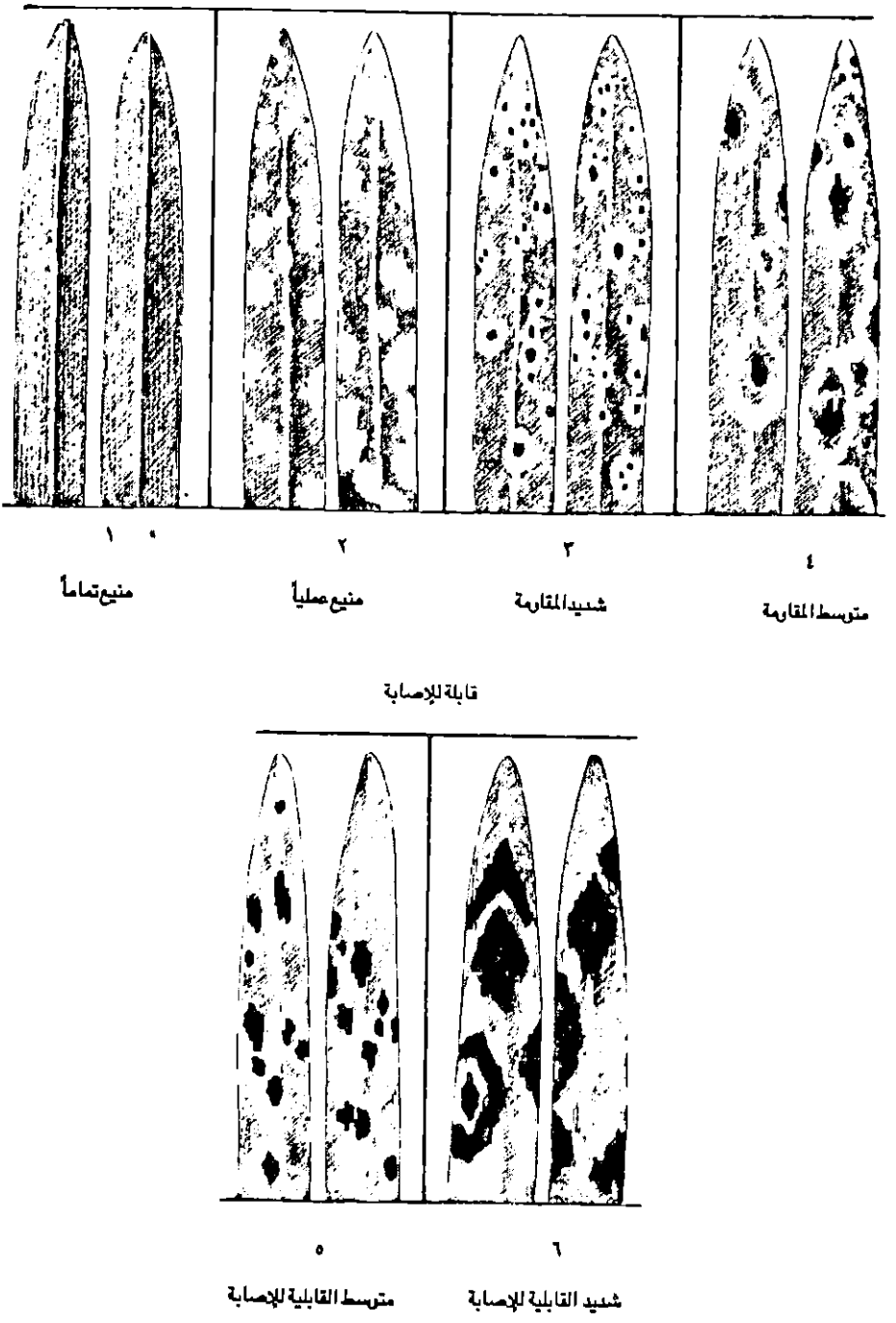
ب – أوضح Horsfall أهمية تصميم مقياس للمرض يعتمد على قدرة الإنسان على التفرقة بين الاختلافات ؛ كأن تكون شدة الإصابة – كنسبة مئوية كمايلى : صفر – ٣ ، و ٣ – ٦ ، و ٦ – ١٢ ، و ١٢– ٢٥ ، و ٢٥ – ٥٠ ، و ٥٠ – ٧٥ ، و ٧٥ – ٨٧ ، و٨٧ – ٩٤ ، و ٩٤ – ٩٧ ، و٩٧ – ١٠٠ ٪ ، ثم توزيع هذه الدرجات على مقياس من ١ إلى ١٠ . ويعتمد على نسبة الجزء المصاب حتى ٥٠٪ اصابة ، ثم على نسبة الجزء السليم بعد ذلك (شكل ٤–٧) .

جـ – استعمال مقاييس وصفية Descriptive Scales لشدة الإصابة مثل : قليلة ، ومتوسطة ، وشديدة (شكل ٤–٨) أو أية درجات أخرى (شكل (٤–٩) ، وتحذف أحيانا الكلمة التى تصف شدة الإصابة ، ويوضع مكانها رقم أو رمز . ويراعى عند استعمال المقاييس الوصفية مايلى :



شكل (٤–٧) : مقياس لشدة الإصابة بمرض اللفحة المبكرة فى البطاطس يعتمد على قدرة العين على التفرقة بين الاختلافات (عن Reifschneider وآخرين ١٩٨٤) .

شكل (٤–٨) : مقياس وصفى من ثلاث درجات لشدة الإصابة بمرض البياض الزغبى فى البروكلى (عن Laemmlen & Mayberry ١٩٨٤) .



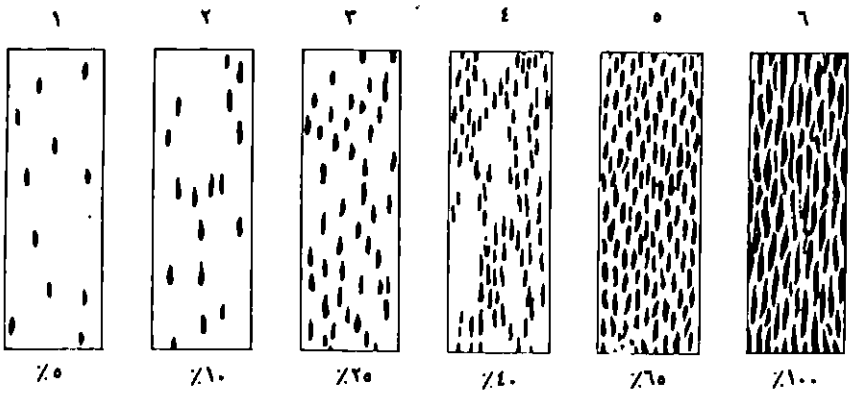
شكل (٤-٩) : مقياس وصفى من ست درجات تمثل مستويات المقاومة للفطر Puccinia graminis f . sp. tritici فى القمح

(١) أن يرافقها صورة فوتوغرافية (شكل ٤-١٠) أو أشكال تخطيطية (شكل ٤-١١)، توضح مختلف الدرجات الإصابة .

(٢) أن يمثل أكبر رقم فى المقياس أعلى درجات المقاومة ؛ لأن المربى يعمل غالبا على تحسين عدة صفات فى وقت واحد ، الأمر الذى يتطلب توحيد المقاييس المستخدمة ؛ لتكون الأرقام الأعلى دالة على الصفات الأحسن لتسهيل عملية الانتخاب .

(٣) يفضل استعمال مقياس من ١-٩ بدلا من ١-٣ ، أو ١-٥ (اللذين ربما لايتوفر بهما درجات تمثل كل حالات شدة الإصابة) ، أو ١-١٠ (الذى لا يوجد به درجة وسطية لتمثيل الدرجة المتوسطة من الإصابة) ، أو صفر -١٠ (لأن الصفر غير مفضل فى التحليلات الإحصائية) .

شكل (٤-١٠) : مقياس وصفى لمستويات المقاومة والقابلية للإصابة بفطر Fusarium solani f. phaseali فى الفاصوليا (Hassan ١٩٧٠) .



(شكل ٤-١١) : مقياس وصفى يمثل شدة الإصابة بالصدأ فى النجيليات تحت ظروف الحقل .

ويستفاد من مقاييس شدة الإصابة الوصفية فى تقييم أعداد كبيرة من النباتات خلال فترة وجيزة ، وخاصة بعد أن تستقر مختلف درجات شدة الإصابة فى ذهن القائم بعملية التقييم . ويمكن إسراع عملية تقييم الأعداد الكبيرة من النباتات تحت ظروف الحقل ؛ بتسجيل القراءات على جهاز تسجيل صغير أثناء المرور فى الحقل ، ثم تفريغها فى الورق بعد العودة إلى المختبر .

ومن أمثلة المقاييس الوصفية التى استعملت لتقدير شدة الإصابات بنيماتودا تعقد الجذور مقياس Zeck (١٩٧١) الذى يأخذ فى الحسبان عدد الثآليل وحجمها ، وتأثير الإصابة فى قوة النمو الجذرى ، ومدى التبكير فى الإصابة (شكل ٤-١٢) . ويؤثر العامل الأخير فى سرعة تحلل المجموع الجذرى وموت النبات ، وفى حجم الثآليل ؛ حيث تكون كبيرة فى الإصابات المبكرة ، وصغيرة فى الإصابات المتأخرة ، إلا أنها تبدأ فى التحلل ، ويموت جزء كبير من المجموع الجذرى ، وتصبح صغيرة فى الأصابات المبكرة جدا ، علما بأن القراءة تؤخذ فى وقت واحد ، فيشاهد فى الحقل الواحد نباتات ذات نمو خضرى قوى، بينما جذورها مليئة بالثآليل الضخمة ، ونباتات أخرى ذات نمو خضرى ضعيف جدا ، بينما جذورها شبه متحللة وضعيفة . وتلك الأخيرة تمثل أشد حالات الإصابة ، بالرغم من أن ثآليلها تكون أقل حجما من غيرها .

ويتدرج مقياس الإصابة ، من صفر (لا توجد أية ثآليل) إلى ١-٣ (يتزايد عدد الثآليل

تدريجيا) ، و٤-٥ (يزداد حجم الثآليل) ، و ٦-٧ (تصبح الثآليل كبيرة الحجم ، ولكن يستمر وجود أجزاء غير مصابة من النمو الجذرى ، و٨-١٠ (تنتشر الثآليل فى كل المجموع الجذرى ، مع استمرار صغره فى الحجم تدريجيا إلى أن يصل إلى أصغر حجم له فى درجة إصابة ١٠) .

وقد استخدمت مقاييس أخرى لتقدير شدة الإصابة بالنمياتودا ، من أبسطها مقياس من صفر إلى ٥ ، حيث صفر - لا توجد ثآليل ظاهرة ، و ١ - الثآليل قليلة جدا وصغيرة الحجم، و ٢ - الثآليل متناثرة وصغيرة إلى متوسطة الحجم ، و ٣ - توجد ثآليل صغيرة كثيرة العدد، وأخرى متوسطة الحجم قليلة العدد ، و ٤- توجد ثآليل متوسطة الحجم كثيرة العدد ، وثآليل كبيرة الحجم وكثيرة الحجم وكثيرة أيضا ، و ٥ - توجد ثآليل كبيرة بكل الجذور تقريبا .

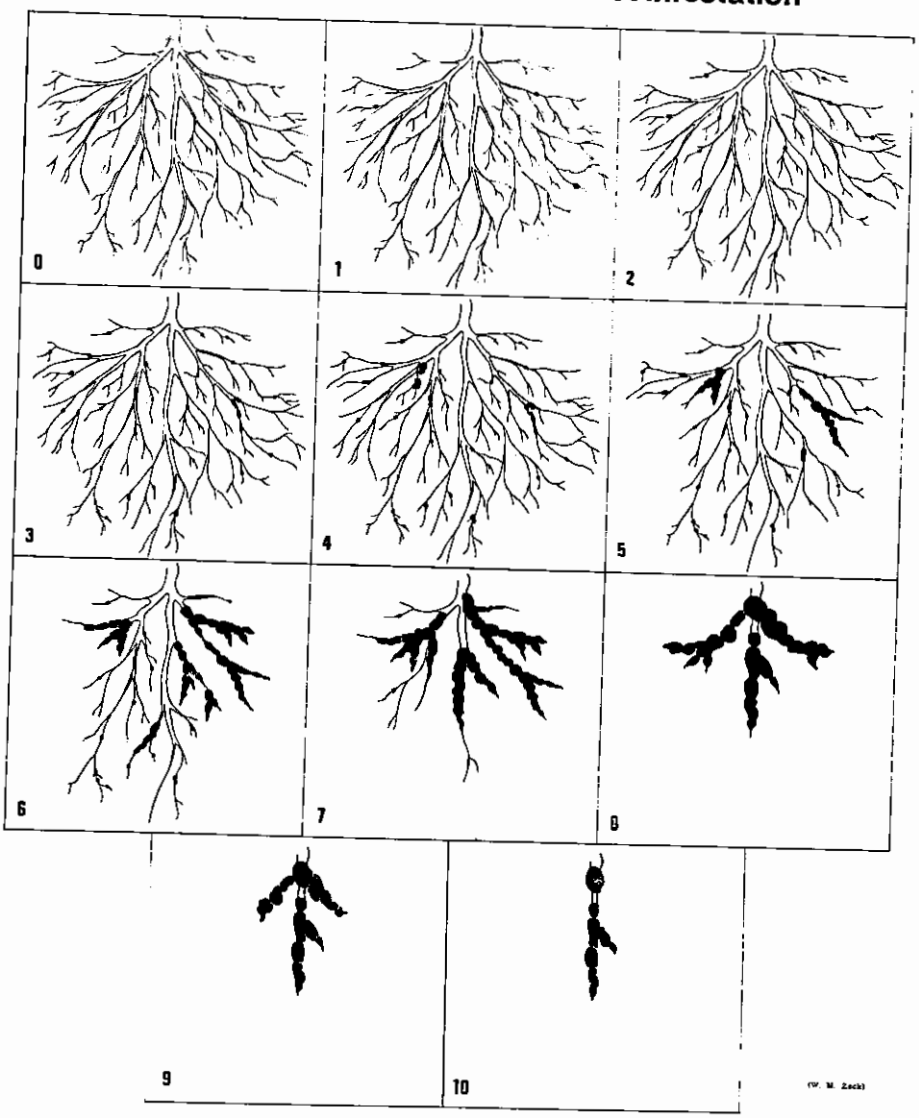
٣ - قياس مدى قدرة المسبب المرضى على النمو والتكاثر على النباتات التى يراد تقييمها للمقاومة ، مقارنة بنموه وتكاثره على صنف قياسى قابل للإصابة . فمثلا .. قسم Taylor & Sasser (١٩٧٨) الأصناف والأنواع النباتية من حيث مقاومتها أو قابليتها للإصابة بنيماتودا تعقد الجذور إلى :

أ - مقاومة بدرجة عالية : وهى التى تبلغ درجة تكاثر النيماتودا عليها أقل من ٢٪ من تكاثرها على النباتات القابلة للإصابة .

ب - مقاومة بدرجة متوسطة : وهى التى تبلغ درجة تكاثر النيماتودا عليها من ١٠-٢٠٪ من تكاثرها على النباتات القابلة للإصابة .

جـ - مقاومة بدرجة بسيطة : وهى التى تبلغ درجة تكاثر النيماتودا عليها من ٢٠-٥٠٪ من تكاثرها على النباتات القابلة للإصابة .

وقد تمكن Omwega وآخرون (١٩٨٨) من حساب عدد كتل البيض Egg Masses لنيماتودا تعقد الجذور فى جذور الفاصوليا بعد ٢٨ يوما من العدوى ، وذلك برى النباتات يوميا خلال الأسبوع الأخير بصبغة الـ Erioglaucine التى صبغت المادة الجيلاتينية المحيطة بكتل البيض ، ولذا .. فقد أمكن عدها بسهولة ، ووجد الباحثون ارتباطا قويا (r = ٠ر٨٥) بين عدد كتل البيض ، وعدد البيض ذاته ، بينما كان الارتباط ضعيفا (r = ٠ر٤٥) بين دليل الثآليل gall index وعدد البيض .



شكل (٤-١٢) : مقياس Zeck (١٩٧١) لشدة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور .