المرجع	وسيلة الانتقال
Bennett ١٩٦٧	بالحامول
Bos ١٩٦٧	بالتطعيم
Whitcomb ١٩٧٢	بالـ Auchenorrhynchous Homoptera
Shepherd ١٩٧٢	بالبذور وحبوب اللقاح
Watson ١٩٧٢	بالمن

طرق تقدير شدة الإصابة أو المقاومة فى اختبارات التقييم

يجب عند اختيار الطريقة المثلى لتقدير شدة الإصابة أو المقاومة للأمراض أن يكون الباحث ملمًا 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 Uusuitable 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 المَعْدِى. 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 تبعًا لذلك.

أما عندما يكون تركيز اللقاح مرتفعًا .. فإن جميع الجذور الأولى والتالية فى التكوين تصاب بيرقات 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 يُحصل على رقم واحد لشدة الإصابة بالمعادلة التالية:

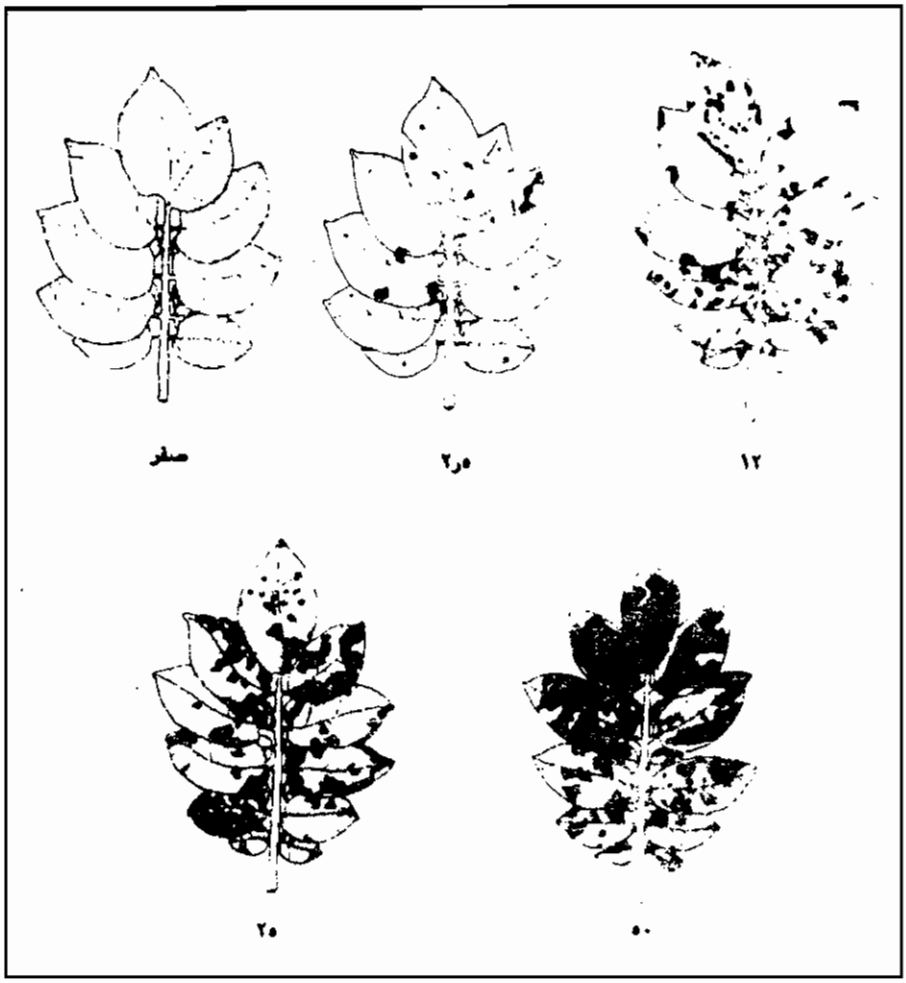
$$\text{شدة الإصابة} = \frac{\text{مجموع عدد النباتات فى كل قسم من مقياس المرض مضروبًا فى رقم القسم}}{\text{المجموع الكلى للنباتات المختبرة}}$$

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 ١٠,١ – ٢٠٪ ... وهكذا إلى ٩٠,١ – ١٠٠٪، أو صفر – ٢٥٪، و ٢٥,١ – ٥٠٪، و ٥٠,١ – ٧٥٪، و ٧٥,١ – ١٠٠٪ ... إلخ من التوزيعات المتساوية، ثم يختصر ذلك كله فى صورة أرقام عددية تمثل شدة الإصابة. فيكون المقياسان السابقان – مثلاً – 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 كما يلى: صفر –٣٪، و ٣–٦٪، و ٦–١٢٪، و ١٢–٢٥٪، و ٢٥–٥٠٪، و ٥٠ – ٧٥٪، و ٧٥–٨٧٪، و ٨٧–٩٤٪، و ٩٤–٩٧٪، و ٩٧–١٠٠٪. ثم توزيع هذه الدرجات على مقياس من ١ إلى ١٠. وهذا المقياس يعتمد – عند تقييم النباتات – على نسبة الجزء المصاب حتى ٥٠٪ إصابة، ثم على نسبة الجزء السليم بعد ذلك (شكل ٨–٧).

جـ – استعمال مقاييس وصفية Descriptive Scales لشدة الإصابة مثل: قليلة، متوسطة، وشديدة، أو أية درجات أخرى (شكل ٨–٨). وتحذف أحيانا الكلمة التى تصف شدة الإصابة، ويوضع مكانها رقم أو رمز.



شكل (٨-٧): مقياس لشدة الإصابة بمرض الندوة المبكرة فى البطاطس يعتمد على قدرة العين على التفرقة بين الاختلافات (عن **Reifschneider** وآخرين ١٩٨٤).

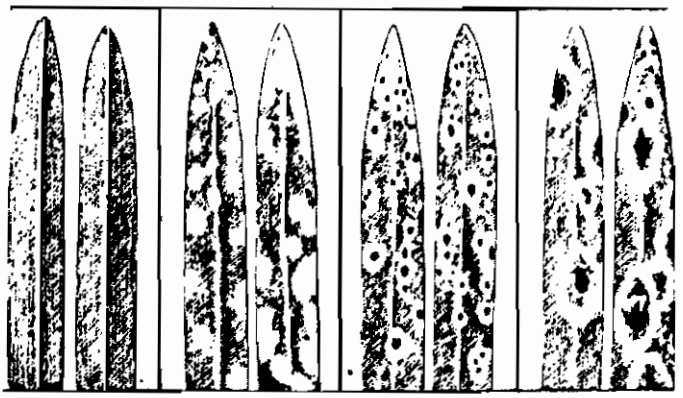
ويراعى عند استعمال المقاييس الوصفية ما يلى:

(١) أن يرافقها صورة فوتوغرافية، أو أشكال تخطيطية (شكل ٨-٩). توضح مختلف درجات الإصابة.

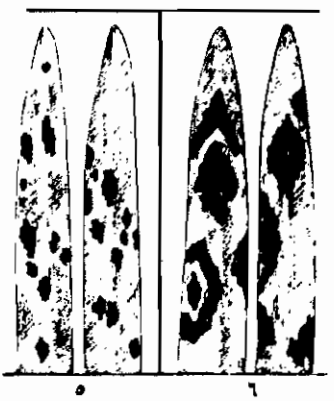
(٢) أن يمثل أكبر رقم فى المقياس أعلى درجات المقاومة، لأن المربى يعمل غالبًا على تحسين عدة صفات فى وقت واحد؛ الأمر الذى يتطلب توحيد المقاييس المستخدمة؛ لتكون الأرقام الأعلى دالة على الصفات الأحسن لتسهيل عملية الانتخاب.

(٣) يفضل استعمال مقياس من ١–٩ بدلاً من ١–٣، أو ١–٥ (اللذين ربما لا يتوفر 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).

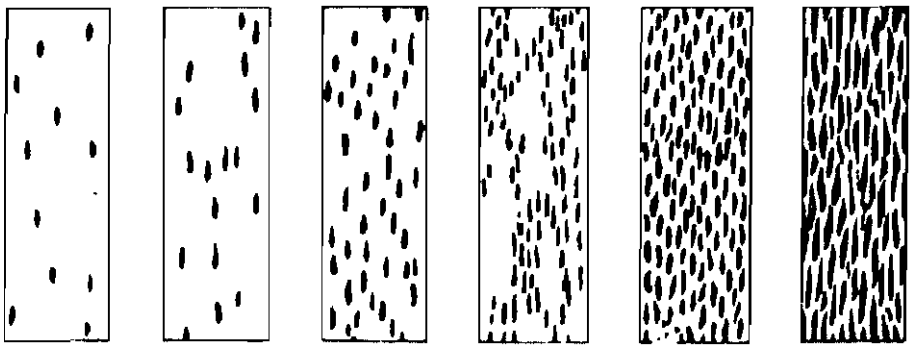
ويبين جدول (٨–١١) وصفًا لطرز الإصابة (الأعراض) المستخدمة فى تقسيم تفاعلات القمح مع فطر صدأ الساق على أوراق البادرات.



قابلة للإصابة



شكل (٨–٨): مقياس وصفى من ست درجات تمثل مستويات المقاومة لفطر ***Puccinia graminis* f. sp. *tritici*** فى القمح.



شكل (٨-٩): مقياس وصفى يمثل شدة الإصابة بالصدأ فى النجيليات تحت ظروف الحقل.

جدول (٨-١١): وصف لطرز الإصابة (الأعراض) المستخدمة فى تقسيم تفاعلات القمح مع فطر صدأ الساق، وذلك على أوراق البادرات (عن **Mansfield** وآخرين ١٩٩٧).

نوع التفاعل	طراز الإصابة	جين المقاومة	وصف الأعراض
مناعة	صفر	Sr5	لا توجد أى أعراض مرئية بالعين للإصابة، ولكن تظهر نقاط متحللة دقيقة عند الفحص بالعدسة المكبرة.
مقاومة عالية	صفر	Sr6	لا توجد جراثيم يوريدية، ولكن تظهر نقاط متحللة بمساحات متنوعة، تكون – عادة – صفراء مخضرة، وأحيانا متحللة.
مقاومة	١	Sr11	تتكون بثرات يوريدية صغيرة تحاط بمساحات صفراء مخضرة أو متحللة.
مقاومة متوسطة	٢	Sr13	تظهر بثرات يوريدية صغيرة بمساحات متنوعة تكون – عادة – كالجزر الخضراء المحاطة بمساحة خضراء مصفرة.
قابلية متوسطة للإصابة	٣		تظهر بثرات متوسطة المساحة تكون – عادة – محاطة بمساحات خضراء مصفرة.
قابلية للإصابة	٤		تظهر بثرات يوريدية كبيرة مع قليل من اللون الأخضر المصفر حولها، وقد تكون ذات شكل معين.

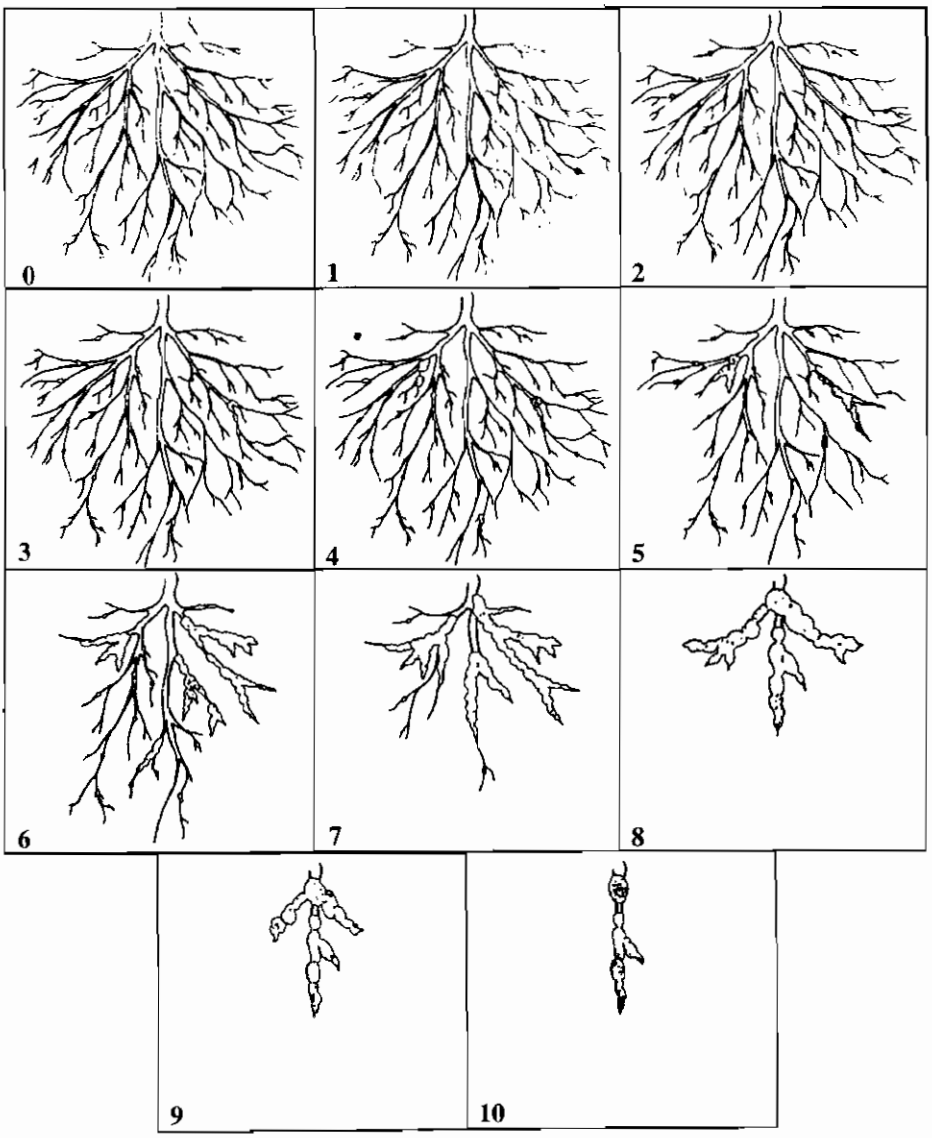
ويستفاد من مقاييس شدة الإصابة الوصفية فى تقييم أعداد كبيرة من النباتات خلال فترة وجيزة، وخاصة بعد أن تستقر مختلف درجات شدة الإصابة فى ذهن القائم بعملية التقييم. ويمكن إسراع عملية تقييم الأعداد الكبيرة من النباتات تحت ظروف الحقل

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 الإصاباتات بنيماتودا تعقد الجذور مقياس Zeck (١٩٧١) الذى يأخذ فى الحسبان عدد الثآليل وحجمها، وتأثير الإصابة فى قوة النمو الجذرى، ومدى التبكبير فى الإصابة (شكل ٨–١٠). 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 القراءه تؤخذ فى وقت واحد، فيشاهد فى الحقل الواحد نباتات ذات نمو خضرى قوى، بينما تكون جذورها مليئة بالثآليل الضخمة. ونباتات أخرى ذات نمو خضرى ضعيف جدًا، بينما تكون جذورها شبه متحللة وضعيفة. وتلك الأخيرة تمثل أشد حالات الإصابة، بالرغم من أن ثآليلها تكون أقل حجمًا من غيرها.

ويتدرج مقياس الإصابة، من صفر (لا توجد أية ثآليل) إلى ١–٣ (يتزايد عدد الثآليل تدريجيا)، و ٤–٥ (يزداد حجم الثآليل)، و ٦–٧ (تصبح الثآليل كبيرة الحجم، ولكن يستمر وجود أجزاء غير مصابة من النمو الجذرى)، و ٨–١٠ (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 بالنيماتودا، من أبسطها مقياس من صفر إلى ٥ (شكل ٨–١١)، 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 أيضا، و ٥ – توجد ثآليل كبيرة بكل الجذور تقريبًا.



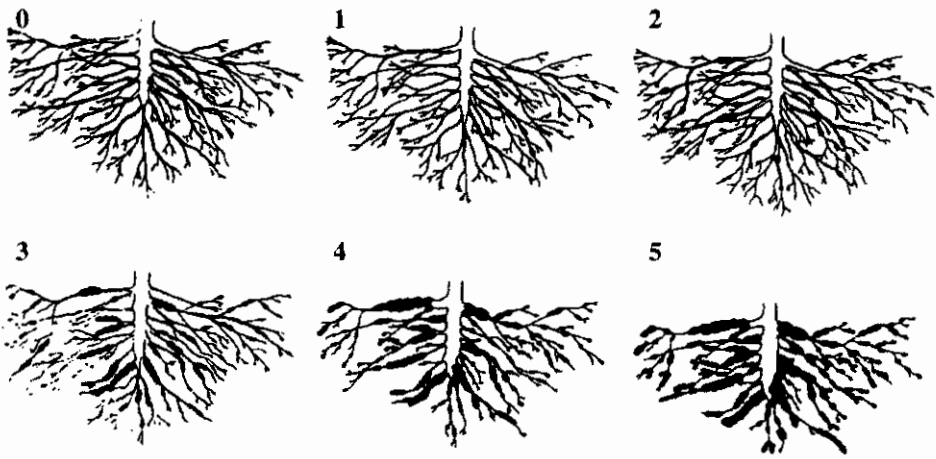
شكل (٨-١٠): مقياس Zeck (١٩٧١) لشدة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور.

٣ – قياس مدى قدرة المسبب المرضى على النمو والتكاثر على النباتات التى يراد تقييمها للمقاومة، مقارنة بنموه وتكاثر 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.



شكل (٨–١١): مقياس لدرجة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور يتراوح من صفر إلى ٥ (عن Roberts ٢٠٠٢).

وقد تمكن Omwega وآخرون (١٩٨٨) من حساب عدد كتل البيض Egg Masses لنيماتودا تعقد الجذور فى جذور الفاصوليا بعد ٢٨ يومًا 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 = ٠,٨٥) بين عدد كتل البيض، وعدد البيض ذاته، بينما كان الارتباط ضعيفا (r = ٠,٤٥) بين دليل الثآليل gall index وعدد البيض.

تقييم نوعية المقاومة، أهى رأسية، أم أفقية، أم جزئية

يمكن التعرف على نوعية المقاومة التى نتعامل معها – فيما إذا كانت رأسية أم أفقية