تحت تفريغ. ويتعين فى حالات الرش بجراثيم الفطر تغطية النورات بكيس بلاستيكى لمدة ٢٤–٧٢ ساعة بعد المعاملة.

عدوى الثمار

لا تفضل عدوى الثمار إذا أمكن تقييم النباتات عن طريق الأجزاء النباتية الأخرى فى طور مبكر من النمو، لأن عدوى الثمار يتطلب الانتظار وقتا طويلا إلى أن تثمر النباتات، كما أن وصول النباتات إلى هذه المرحلة المتقدمة من النمو يتطلب مساحات أكبر من الوحدات التجريبية لإجراء عملية التقييم. وبالرغم من ذلك .. فإنه يلزم عدوى الثمار ذاتها فى بعض الأحيان، كما فى مرض الأنثراكنوز فى الطماطم.

وقد حصل Robbins & Angell (١٩٧١) على ٩٥٪ إصابة بالأنثراكنوز فى ثمار صنف الطماطم Heinz 1350 بوضع نقطة صغيرة من معلق جراثيم الفطر على سطح الثمرة بواسطة محقنة، ثم ثقب بشرة الثمرة تحت نقطة المعلق بإبرة المحقنة. وقد ظهرت أعراض المرض فى حرارة الغرفة وفى الرطوبة الجوية العادية، وبذا .. لم تكن هناك حاجة إلى التحكم فى درجات الحرارة أو الرطوبة الجوية.

الطرق المختبرية لتقييم مقاومة النباتات للأمراض

تتعدد الطرق المختبرية المستخدمة فى تقييم مقاومة النباتات للأمراض، ومن أمثلتها ما يلى:

عدوى الأوراق المفصولة

تتبع طريقة عدوى الأوراق المفصولة عن النبات (detached leaves) مع كثير من المسببات المرضية الفطرية، مثل فطريات الأصداء، والبياض الزغبى، والبياض الدقيقى، وتبقع الأوراق السركسبورى. ولاتباع هذه الطريقة تُعَوَّم الأوراق على محلول سكروز بتركيز ١–٣٪ فى ماء معقم، وتجرى العدوى برش جراثيم الفطر، أو نثرها جافة على سطح الورقة التى تعرض لإضاءة شدتها ١٠٠ قدم – شمعة لمدة ١٢–٢٤ ساعة، مع

حرارة ٢٠-٢٤°م. ويمكن - إضافة ٥٠ جزءًا فى المليون من الـ benzimidazole، لثبيط نمو الكائنات المترممة.

وقد أمكن عدوى الأوراق الأولية للفاصوليا بأى من الفطرين *Botrytis cinerea*، أو *Sclerotinia sclerotiorum*. وذلك برش الأوراق المفصولة بمعلق لجراثيم الفطر بتركيز مليونى جرثومة / مل من محلول فوسفات غير عضوى منظم (KH_2PO_4 بتركيز ٦٢٫٥ مللى مول) (Leone & Tonneijck ١٩٩٠).

التقييم بسموم المسببات المرضية

يمكن اتباع هذه الطريقة تحت ظروف الصوبات كذلك، وفيها تستخدم السموم Toxins التى تفرزها المسببات المرضية أثناء نموها فى البيئات الصناعية فى تقييم النباتات لمقاومة الأمراض التى تحدثها تلك المسببات المرضية، إذا إنها تتسبب - فى بعض الحالات - فى أحداث أعراض مماثلة للأعراض التى تحدثها الإصابة بالمسبب المرضى ذاته.

كان أول استخدام لهذه الطريقة فى التقييم للمقاومة للفطر *Helminthosporium victoriae* فى الشوفان كما يلى: نقعت بذور الشوفان لمدة نصف ساعة فى الماء، ثم وضعت فى طبقة بسمك ١٢ مم داخل أحواض خشبية، وحوفظ عليها مبتلة على حرارة ٢٧°م لمدة يومين، ثم رشت بعد ذلك بمحلول سُم الفطر، ثم أبقيت على نفس درجة الحرارة لمدة يومين آخرين. اختبر بهذه الطريقة أكثر من ١٠٠ بوشل من البذور (حوالى $٤٫٥ \times ١٠^{٧}$ بذرة شوفان) خلال أربعة أيام. وقد ظهرت بادرات خالية من أعراض المرض بمعدل ٥٠ بادرة لكل بوشل من البذور، وتبين من الاختبارات التالية بالفطر ذاته أن ٩٢٪ من هذه البادرات كانت مقاومة فعلا للمرض (Wheeler & Luke ١٩٥٥).

وقد أوضحت الدراسات التالية لذلك أن هذا السُّم الفطرى - الذى أطلق عليه اسم Victorin - يسبب تلفًا كبيرا للأغشية الخلوية بالأصناف القابلة للإصابة، بينما لم يكن له تأثير يذكر فى الأصناف المقاومة. كما تبين أن مقاومة النباتات لهذا السم الفطرى كانت بسيطة وسائدة.

كذلك وجد أن النواتج الأيضية لبيئة الفطر المسبب لمرض الذبول الفيوزارى فى الكرنب (السلالة ١)، والفطر المسبب لذبول الفجل (السلالة ٢) تُحدِثُ أعراضًا مرضية شبيهة بالأعراض الأولى للمرض لدى إضافتها إلى مزارع رملية للنباتات القابلة للإصابة. وقد أحدثت إفرازات السلالة ١ أعراض المرض فى كل من الكرنب والفجل، بينما أحدثت إفرازات السلالة ٢ أعراض المرض فى الفجل فقط، وهو ما يتمشى مع حقيقة أن السلالة ١ تصيب كلا من العائلين، بينما تصيب السلالة ٢ الفجل فقط (عن Walker ١٩٦٥).

وأمكن عزل بروتين من راشح مزارع سلالة رقم ١ من الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* أدى – عند المعاملة به – إلى قتل بروتوبلاستات التراكيب الوراثية القابلة للإصابة بتركيزات منخفضة فى حدود ميكروجرام / مل، بينما كانت بروتوبلاستات الأصناف المقاومة لتلك السلالة أقل حساسية لهذا البروتين بأكثر من ١٠٠ مرة (Strange ١٩٩٣).

وقد اختبر Kuti & Ng (١٩٨٩) مقاومة الفطر *Myrothecium roridum* فى القاوون بعدوى الأوراق المفصولة؛ إما بالفطر ذاته، وإما بالمركب roridin E – وهو من إفرازات الفطر السامة لنبات القاوون – وتبين وجود اختلافات وراثية بين النباتات المختبرة فى تحملها لكل من الفطر وإفرازاته السامة، وكان معامل الارتباط بينهما ٠,٩٤.

ومن أهم الأمراض النباتية (الفطرية) التى تظهر أعراضها نتيجة لإفراز مسبباتها لسموم خاصة ما يلى (عن Daly & Knoche ١٩٨٢):

الفطر المسبب للمرض	العائل
Alternaria kikuchiana	الكمثرى
A. mali	التفاح
A. citri	البرتقال – اليوسفى – الليمون المخرفش
A. alternata	الفراولة
A. alternata f. sp. lycopersisci	الطماطم
Helminthosporium victoriae	الشوفان

الفطر المسبب للمرض	العائل
H. carbonum	الذرة
H. maydis	الذرة
H. sacchari	قصب السكر
Periconia circinata	الذرة الرفيعة
Phyllosticta maydis	الذرة الشامية

وغالبا ما تكون المقاومة لسموم المسببات المرضية صفة وراثية بسيطة.

وتقسم السموم التى تفرزها الفطريات التى تصيب النباتات إلى ثلاث فئات، كما يلى (جدول ٨-٦).

١- السموم الخاصة بعوائل معينة

تكون السموم الخاصة بعوائل معينة host-selective toxins سامّة – فقط – للعوائل التى تصيبها الفطريات المفرزة لتلك السموم، ومن أمثلتها السُمّ T-toxin الذى يفرزه الفطر *Cochliobolus heterostrophus*، والذى يؤدى إلى تلف الأغشية الخلوية فى الذرة؛ ومن ثم توقف إنتاج الـ ATP وموت الخلايا، والسُمّ Victorin، الذى يفرزه الفطر *C. victoriae*، والذى يؤدى إلى وقف نشاط الميتوكوندريات فى الشوفان. أما السم HC-toxin الذى يفرزه الفطر *C. carbonum* فيعتقد بأنه يلعب دورًا فى تثبيط القدرة الدفاعية للذرة وإحداث تغييرات فى التعبير الجينى. وبالمقارنة – فإن الفطر *Alternaria alternata* يفرز مالا يقل عن سبعة سموم مختلفة فى عوائله المختلفة يتخصص كل منها على العائل الذى يُفرز فيه، وجميعها تؤدى إلى موت الخلايا، ولكن بثلاث طرق مختلفة، هى: التأثير فى الأغشية البلازمية، والتأثير فى الميتوكوندريات، وخفض عملية تثبيت ثانى أكسيد الكربون أثناء البناء الضوئى؛ هذا بالإضافة إلى تأثيرات أخرى لبعض من تلك السموم تنتهى – هى الأخرى – بموت الخلايا.

٢ - السموم التى لا تختص بعوائل معينة

إن السموم التى لا تختص بعوائل معينة host non-selective toxins يمكنها إحداث

أضرار لكل من عائل – أو عوائل – المسببات المرضية المفرزه للسموم، وكذلك لأنواع نباتية أخرى لا تُصاب – عادة – بها. وهى تُنتج أعراضًا تتشابه فيما بينها إلى حد كبير، حيث تكون – غالبًا – على صورة بقع خضراء مصفرة، أو ذبول، أو كلا العرضين معًا. ويحدث ذلك بسبب حث السموم النبات لتكوين مركبات نشطة فى الأكسدة تحدث أضرارًا بالأغشية الخلوية.

جدول (٨-٦): بعض الأمثلة لأنواع السموم التى تفرزها الفطريات التى تصيب النباتات (عن Dickinson ٢٠٠٣).

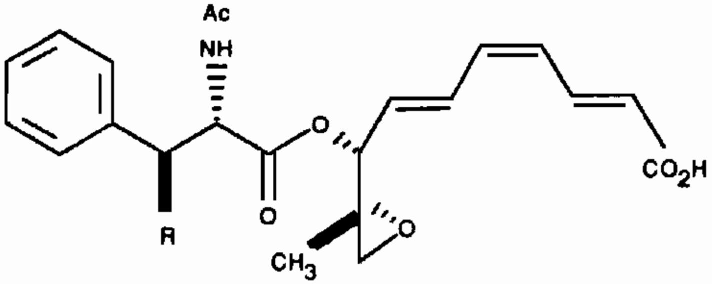
نوع السُمّ والعائل الذى يُفرز فيه	اسم السُمّ	الفطر المفرز للسُمّ
سموم متخصصة تفرز فى عوائل معينة:		
الشوفان	Victorin	*Cochliobolus victoriae*
الذرة	T-toxin	*C. heterostrophus*
الذرة	HC-toxin	*C. carbonum*
قصب السكر	HS-toxin	*C. sacchari*
القمح	Ptr	*Pyrenophora tritici*
الكمثرى اليابانية	AK	*Alternaria alternata*
التانجارين	ACT	*A. alternata*
الفراولة	AF	*A. alternata*
التفاح	AM	*A. alternata*
الطماطم	AAL	*A. alternata* f. sp. *lycopersici*
سموم غير متخصصة ليست خاصة بعوائل معينة:		
اللوز	Fusicoccin	*Fusicoccum amygdali*
عدة أنواع نباتية	Cercosporin	*Cercospora* spp.
عدة أنواع نباتية	Tentoxin	*Alternaria* spp.
البسلة	Naphthazarins	*Nectaria haematococca*
الصنوبريات	Dothistromin	*Dothistroma septospora*
الميكوتوكسينات **mycotoxins** .. تفرز فى:		
الحبوب	Aflatoxins	*Aspegillus flavus*
الذرة	Fumonisin	*Fusarium moniliforme*
النجيليات	Ergot alkaloids	*Claviceps purpurea*
الحبوب	Trichothecines	*Fusarium* spp.

ومن أمثلة تلك السموم: الـ cercosporin الذى يُفرزه عددًا من أنواع الجنس *Cercospora*، وسموم الـ perylenequinone التى تفرزها فطريات ممرضة للنباتات، مثل *A. alternata*، و *Cladosporium* spp..

٢ - الميكوتوكسينات

تُنتج الميكوتوكسينات mycotoxins بواسطة بعض الفطريات التى تصيب النباتات، ولكنها لا تُحدث أضرارًا بها، وإنما تكون ضارة جدًّا بالثدييات التى تتناولها فى غذائها، وهى على أربعة أنواع (تظهر فى جدول ٨-٦) تتباين فى أضرارها ما بين إحداث الغرغرينة (كما فى قلوانيات الإرجوت ergot alkaloids)، وسرطان الكبد (كما فى الأفلاتوكسينات aflatoxins) (عن Dickinson ٢٠٠٣).

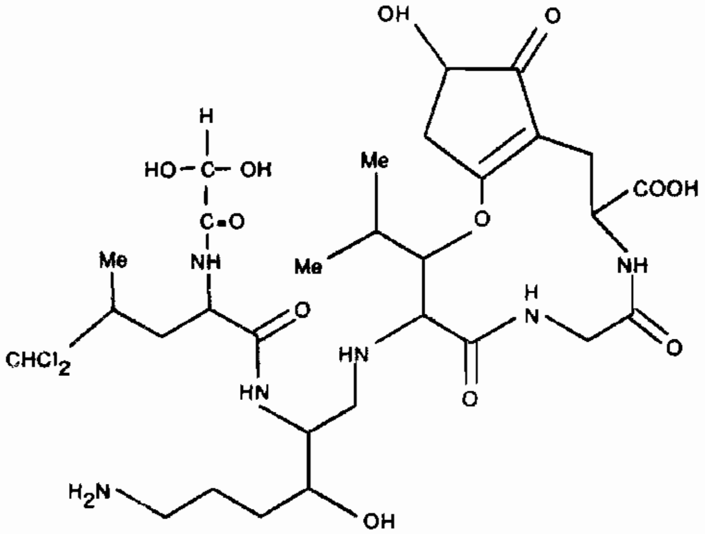
هذا .. وينتج عديد من أنواع الجنسين *Alternaria*، و *Helminthosporium* سمومًا تكون فعالة على عوائلها - فقط - دون أى نباتات أخرى. ولقد كان أول ما اكتشف من السموم الفطرية المتخصصة تلك التى ينتجها الفطر *A. kikuchiana*، حيث لا تكون أصناف الكمثرى قابلة للإصابة بهذا الفطر إلاّ إذا كانت حساسة لأى من طرازى السم (شكل ٨-١).



شكل (٨-١): طراز السم المتخصص على الكمثرى الذى يفرزه الفطر *Alternaria kikuchiana*. الطراز I فيه R = CH_3، والطراز II فيه R = H (عن Strange ١٩٩٣).

كذلك فإن أصناف الشوفان الحساسة للسم victorin الذى ينتجه الفطر *H. victoriae* هى فقط التى تكون قابلة للإصابة بالفطر (شكل ٨-٢). كما أن نوعًا آخر من الجنس

Helminthosporium – هو *H. carbonum* – يصيب الذرة وينتج السم المتخصص HC.



شكل (٨-٢): التركيب الكيميائى للسم المتخصص victorin C الذى يفــرزه الفطــر *Helminthosporium victoriae* فى أصناف الشوفان.

ولقد سمحت خاصية التوافق الجنسى بين نوعى الفطر *Helminthosporium* بـإجراء دراسة وراثية على خاصية إنتاج السموم بنوعيها، حيث هُجِّنَ النوعان معًا واختبر النسل الناتج للقدرة على إصابة الشوفان والذرة، وعلى إنتاج السموم المتخصصة. وقد أوضحت الدراسة حدوث انعزال فى نسل الفطريات الأحادية فى خاصية إنتاج السموم بنسبة ١ : ١ : ١ : ١ للقدرة على إنتاج كلا السمين. والـ victorin فقط. والـ HC فقط. وعدم القدرة على إنتاج أيهما. على التوالى. وكانت تلك التراكيب الوراثية المنعزلة قادرة على إصابة كلا المحصولين. والشوفان فقط. والذرة فقط. أو لم تكن قادرة على إصابة أيهما. على التوالى. كذلك تبين أن إضافة السم المناسب للجراثيم غير المنتجه له جعلتها قادرة على إصابة النباتات الحساسة لذلك السم (عن Strange ١٩٩٣).

وتبعا لما أسلفنا بيانه فإن امتلاك العائل لجين خاص بالحساسية للسم تعد وظيفة إيجابية تماثل خاصية امتلاك جين للمقاومة، على الرغم من أن الشكل المظهرى الناتج

فى الحالة الأولى هو القابلية للإصابة. وتتضح تلك الصورة جليًّا فى حالة الفطر *H. victoriae* والشوفان؛ ففى ثلاثينيات القرن العشرين قام مربو الشوفان بإنتاج أصناف مقاومة للفطر *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* المسبب لصدأ التاج، واستُخدم كمصدر للمقاومة الصنف Victoria الذى وجد أنه يحتوى على جين يتحكم فى المقاومة لهذا الفطر. ولدهشة الباحثين وجُد أن هذا الجين يتحكم - كذلك - فى صفة أخرى هى القابلية للإصابة بالفطر *H. victoriae*. وقد فشلت محاولات الفصل بين هاتين الوظيفتين للجين، بما يعنى أن الناتج الوحيد لهذا الجين يتعرف على كل من ناتج جين عدم الضراوة للفطر *P. coronata* f. sp. *avenae* وعلى سم الفطر *H. victoriae*، ويترتب على ذلك ظهور حالة المقاومة للفطر الأول وحالة القابلية للإصابة بالفطر الثانى (عن Strange ١٩٩٣).

وترجع أهمية اختبارات المقاومة التى تجرى باستعمال سموم المسببات المرضية إلى إمكان تقييم أعداد هائلة من البذور والبادرات بيسر وسهولة خلال فترة زمنية وجيزة وفى مساحة صغيرة. ويفضل عند اتباع هذه الطريقة استخدام تركيزات منخفضة نسبيًّا من سموم المسببات المرضية فى البداية، حتى لا يقضى على جميع التراكيب الوراثية التى قد تكون على درجات متوسطة من المقاومة، ثم تُعَرَّض هذه النباتات - أو أنسالها - لتركيزات أعلى من السموم بعد ذلك (Durbin ١٩٨١).

هذا .. إلا أنه يجب الحذر من أن استخدام إفرازات أو سموم المسببات المرضية فى تقييم المقاومة للأمراض قد يؤدى إلى نتائج خاطئة. فمثلا .. وجد أن الفطر *Verticillium albo-atrum* يصيب كلا من النباتات المقاومة والقابلة للإصابة، ويمتد أعلى الساق، لكن لا تظهر أعراض المرض إلا فى الأصناف القابلة للإصابة فقط، وهى التى يفرز فيها الفطر سمومه التى تحدث الأعراض المشاهدة؛ أى إن المقاومة ترجع إلى قدرة النباتات المقاومة على الحد من إفراز الفطر لسمومه فيها؛ وبذا .. فإن استعمال سموم الفطر فى تقييم المقاومة فى حالات كهذه - يؤدى إلى نتائج خاطئة.

ولمزيد من التفاصيل عن سموم مسببات الأمراض النباتية واستخداماتها فى تقييم المقاومة .. يراجع Durbin (١٩٨١)، و Daly & Knoche (١٩٨٢)، و Upadhyay & Mukerji (١٩٩٧).

استعمال مزارع الأنسجة فى اختبارات مقاومة الأمراض

يلجأ مربو النبات إلى إجراء اختبارات مقاومة الأمراض فى مزارع الأنسجة؛ بهدف تقييم الجيرمبلازم للمقاومة أحيانًا، وبهدف انتخاب التباينات الوراثية المقاومة – التى قد تتوفر فى مزارع الأنسجة – فى أغلب الأحيان. ولذا .. فإننا نؤجل مناقشة هذا الموضوع إلى الفصل التالى الخاص بطرق التربية لمقاومة الأمرض.

تقييم المقاومة عن طريق دراسة الأيزو إنزيمات

حدث تقدم كبير فى طريقة التقييم لنيماتودا تعقد الجذور فى الطماطم بعد أن قام Rick & Fobes عام ١٩٧٤ بدراسة الإنزيمات المتشابهة isoenzymes التى توجد فى الطماطم، وفصلها بطريقة الـ starch gel electrophoresis، وقد تبين لهما أن صنف الطماطم VFN8، وخمسة أصناف أخرى – مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور – تختلف عن باقى الأصناف المختبرة – التى كانت قابلة للإصابة بالنيماتودا – فى الأيزوإنزيمات الخاصة بالـ acid phosphate. فكانت الأصناف القابلة للإصابة تحمل الآليل $Aps\text{-}1^+$، بينما احتوت الأصناف المقاومة على الآليل $Aps\text{-}1^1$. هذا .. مع العلم بأن الآليل الأخير لم يكن معروفا قبل ذلك إلا فى النوع البرى *L. peruvianum*.

وبتلقيح نبات مقاوم للنيماتودا ذى تركيب وراثى $Aps\text{-}1^1 Aps\text{-}1^1$ مع نبات آخر قابل للإصابة ذى تركيب وراثى $Aps\text{-}1^+ Aps\text{-}1^+$ انعزل الجيل الثانى إلى ++، و +1، و 11 بنسبة ١٦ : ١٩ : ١٠، على التوالى، وكانت النباتات ذات التركيب الوراثى ++ وحدها هى القابلة للإصابة بالنيماتودا. ولذا .. افترض وجود علاقة بين الآليل $Aps\text{-}1^1$ والمقاومة مردّها إما إلى وجود تأثير متعدد للجين، وإما إلى وجود ارتباط وثيق بين هذا الجين والجين المسئول عن المقاومة، لكن الاحتمال الأول استبعد بعد اكتشاف وجود

الآليل Aps-1^{+} في بعض النباتات المقاومة. وبذا .. تأكد أن العلاقة ليست سوى ارتباط وثيق بين الجين Aps-1^{1} والجين Mi المسئول عن المقاومة للنيماتودا.

وتدل المشاهدات على أن هذا الارتباط لابد وأن يكون وثيقًا لأن الجينين انتقلا معا من النوع البرى *L. peruvianum* إلى الصنف VFN8، ثم إلى الأصناف الأخرى المقاومة لنيماتودا بعده، بالرغم من إجراء عديد من التلقيحات الرجعية. إلا أن الجين Aps-1^{1} لا يوجد إلا فى الأصناف التى حصلت على مقاومتها من الصنف VFN8، بينما يوجد الجين Aps-1^{+} فى الصنف المقاوم Anahu وجميع الأصناف التى حصلت على مقاومتها منه، مما يدل على أن العبور حدث فى الأجيال المبكرة أثناء إنتاج الصنف Anahu. وعندما لقح الصنفان المقاومان Short Red Cherry (وتركيبه الوراثى Aps-1^{1} Aps-1^{1}) مع الصنف Nematex (وتركيبه الوراثى Aps-1^{+} Aps-1^{+}) كانت جميع نباتات الجيل الثانى مقاومة للنيماتودا، بينما انعزلت بالنسبة للموقع الجينى Aps-1، الأمر الذى يفيد اشتراكهما فى نفس جين المقاومة.

ولكى يمكن الاستفادة من هذا الارتباط الشديد بين جين مقاومة النيماتودا Mi، والجين Aps-1 .. فإن النباتات التى تُستخدم كمصدر للمقاومة يجب أن يكون تركيبها الوراثى Aps 1^{1} Aps 1^{1}. ويتوفر هذا التركيب الوراثى فى الصنف VFN8 والأصناف الأخرى التى حصلت على مقاومتها منه. ويجرى التقييم بسهولة كبيرة بالاستعانة بطريقة الفصل الكهربائى Electrophoresis التى يمكن بواسطتها تمييز التراكيب الوراثية Aps-1^{1} Aps-1^{1}، و Aps-1^{+} Aps-1^{1}، و Aps1^{+} Aps1^{+} عن بعضها البعض، وهى التى تكون – على التوالى – مقاومة أصيلة، ومقاومة خليطة، وقابلة للإصابة أصيلة بسبب الارتباط الشديد بين الجين Mi، و Aps-1.

يستخدم للاختبار – أى جزء من أنسجة النباتات المختبرة، وإن كان التقييم يجرى – عادة – على بادرات عمرها ثلاثة أسابيع. يعمل الفصل الكهربائى على تمييز الأيزوإنزيمات isoenzymes التى يتحكم فى إنتاجها الآليلان Aps-1^{1}، و Aps-1^{+}.

وتتميز طريقة التقييم هذه لمقاومة نيماتودا تعقد الجذور بما يلى:

١ – التوفير فى الوقت والجهد.

٢ – لا يلزم إجراء اختبار النسل للتميز بين النباتات المقاومة الأصيلة والمقاومة الخليطة، لأن اختبار التقييم يميز بينهما مباشرة.

٣ – يمكن انتخاب النباتات المقاومة فى طور البادرة، ثم شتلها فى الحقل؛ لتقييم الصفات البستانية، وهو ما يصعب تحقيقه عند إجراء تقييم المقاومة بالطريقة العادية.

٤ – يمكن تقييم النباتات للمقاومة فى أى وقت، وفى أية مرحلة للنمو من بداية الإنبات حتى الحصاد. كما يمكن إجراء التقييم على عينات الأوراق المجمدة، وعلى المتوك الجافة للنباتات التى تؤخذ منها البذور.

٥ – يمكن إجراء الاختبار بسرعة على نباتات يبلغ عمرها ثلاثة أسابيع مع الحصول على نتائج مؤكدة، بينما يلزم مرور من ٦–١٠ أسابيع ليمكن إجراء الاختبار بالطريقة العادية، مع احتمال فقدان بعض النباتات بسبب الإصابة بالذبول الطرى، وإفلات البعض الآخر من الإصابة بالنيماتودا.

٦ – يمكن لشخص واحد تقييم نحو ١٤٠ نباتًا يوميًا.

٧ – يمكن التعاون بين موقعين بحثيين بإجراء اختبار المقاومة بهذه الطريقة فى أحدهما، وتقييم النباتات المنتخبة للصفات البستانية فى الموقع الآخر.

هذا .. ويعطى Medina Filho & Stevens (١٩٨٠) التفاصيل العملية لتقييم المقاومة للنيماتودا بهذه الطريقة باستعمال الـ Starch Gel Electrophoresis.

وقد أمكن باستخدام إنزيم الأسيد فوسفاتيز acid phosphatase isozyme (Aps-1) – كجين معلم لجين المقاومة للنيماتودا Mi – وكذلك استخدام معلمات دنا DNA markers – مثل Rex-1 – أمكن نقل الجين Mi إلى عديد من أصناف الطماطم الجديدة. كما أمكن عن طريقها – وكذلك معلمات دنا أخرى – تحديد موقع الجين Mi بدقة فى الذراع القصير لكروموسوم الطماطم السادس (عن Williamson ١٩٩٨).