الطماطم : التربية لمقاومة الآفات

لم يحظ أى من محاصيل الخضر باهتمام مماثل لما نالته الطماطم بالنسبة للتربية لمقاومة الآفات ؛ ويرجع ذلك إلى سببين رئيسيين ؛ هما : الأهمية الاقتصادية للطماطم ، وتوفر مصادر المقاومة لشتى الآفات التى تصيبها فى النوع المزروع والأنواع الأخرى البرية القريبة منه . ونتناول فيما يلى جهود التربية التى بذلت لمقاومة مختلف الآفات مرتبة تمايلى . الفطريات – البكتيريا – الفيروسات – النيماتودا – النباتات المتطفلة – الحشرات والأكاروس . أما أعراض الإصابة بهذه الآفات ، وطرق حدوثها ، ووسائل مكافحتها .. فيمكن الرجوع إليها فى حسن (١٩٨٨) .

هذا .. وتتوفر المقاومة الوراثية لعدد كبير من المسببات المرضية فى الطماطم . ويبين جدول (٤ –١) بعض حالات المقاومة التى يتحكم – فى كل منها – جين واحد (عن Hille وآخرين ١٩٨٩)

التربية لمقاومة الأمراض الفطرية

التربية لمقاومة الذبول الفيوزارى

أولا : السلالات الفسيولوجية ، ومصادر وراثة المقاومة :

يسبب الفطر Fusarium oxysporum f.sp.lycopersici مرض الذبول الفيوزارى Fusarium Wilt فى الطماطم ويتخصص هذا الطراز النوعى للفطر (f.sp lycpoersici)

على الطماطم والأنواع الأخرى البرية التابعة للجنس Lycopersicon ، ولا يصيب غيرها ، كما لا تصاب أى من هذه الأنواع بأى من الطرز النوعية الأخرى للفطر.

جدول (٤-١) : أمراض الطماطم التى يتوفر لها مصادر للمقاومة البسيطة التى يتحكم فيها جين واحد.

جين المقاومة	المسبب	المرض	
Asc	Alternaria alternata f.sp lycopersici	Alternaria stem canker	تسوس الساق الألترناري
ad	Alternaria solani	Early blight	اللفحة المبكرة
Cf series	Cladosporium fulvum	Leaf mold	تلطخ الأوراق
I, I-2	Fusarium oxysporum	Fusarium wilt	الذبول الفيوزاري
Ph	Phytophtora infestans	Late blight	اللفحة المتأخرة
pyl	Pyrenochaeta lycopersici	Corky root	الجذر الفليني
Ve	Verticillium sp.	Verticillium wilt	ذبول فيرتسيليم
Sm	Stemphylium sp.	Gray leaf spot	تبقع الأوراق الرمادى
Se	Septoria lycopersici	Septoria leaf spot	تبقع الأوراق السبتوري
Pto	Pseudomonas syringae	Bacterial Speck	النقط البكتيرية
Tm-1,Tm-2	TMV	Tobacco mosaic virus	فيرس تبرقش الدخان
Mi	Meloidogyne spp.	Root knot nematodes	نيماتودا تعقد الجذور

لم يكن يعرف قبل عام ١٩٣٩ أى مصدر لمقاومة الذبول الفيوزارى فى الطماطم ، لكن كان من المعروف - حينئذ - أن بعض الأصناف أكثرقدرة على تحمل الإصابة من غيرها ؛ مثل الصنفين : رتجرز Rutgers ، ومارجلوب Marglbe . وفى عام ١٩٣٩ .. اكتشف Bohn & Tucker المقاومة للفطر فى السلالة Accession 160 من النوع البرى L. pimpinellifolium ، ووجدا أنها صفة سائدة يتحكم فيها جين واحد يعطى مناعة تامة ضد الإصابة بالفطر . وقد أعطى هذا الجين الرمز I للدلالة على المناعة Immunity . وبالتربية .. نقل هذا الجين إلى الطماطم بإنتاج الصنف بان أميركا Pan America ، الذى كان أول صنف طماطم مقاوم للذبول الفيوزارى (Porte & Walker ١٩٤١) . وأعقب ذلك إنتاج عديد من الأصناف التجارية الأخرى التى تحمل هذا الجين أيضاً . ولكن - فى غضون أربع سنوات من إنتاج الصنف بان أميركا - اكتشفت سلالة جديدة من الفطر كانت قادرة على كسر المقاومة التى يوفرها هذا الجين ، وهى التى عرفت برقم ٢ . وبالرغم من انتشار هذه السلالة حالياً فى معظم أنحاء العالم ، إلا أنه لم يمكن التعرف عليها فى عدد من عزلات الفطر التى اختبرت فى مصر ، والتى وجد أنها كانت جميعها من السلالة الأولى

(Hassan وآخرون ١٩٨٢) .

ولقد أجريت عديد من الدراسات على وراثة المقاومة للذبول الفيوزارى المتحصل عليها من السلالة 160 للنوع البرى L. pimpinellifolium . واستدل من هذه الدراسات على أن المقاومة سائدة سيادة تامة (Hutton وآخرون ١٩٤٧) ، ويتحكم فيها جين واحد (Dennett ١٩٥٠) ، أو يتحكم فيها أكثر من جين ذى سيادة تامة تقريباً (Gills & Hutton ١٩٥٨) ، أو بسيطة وسائدة مع احتمال وجود جينات محورة (Suzuki وآخرون ١٩٦٢) . وفى مصر .. درست وراثة المقاومة للذبول الفيوزارى فى الصنفين VF 365 ، و VFN 8 ، ووجد أنها بسيطة وسائدة مع وجود جينات محورة تؤثر فى شدة الإصابة فى الأصناف القابلة للإصابة (Ali وآخرون ١٩٧٢) . ومن المعروف جيداً - حاليا - أن المقاومة لفطر الذبول الفيوزارى (السلالة رقم ١) يتحكم فيها جين واحد سائد (الجين I) ، مع وجود جينات محورة تجعل الانعزال الوراثى ينحرف عن النسب المتوقعة (عن Russell ١٩٧٨) . ويرتبط هذا الجين بالجين Sm المسئول عن المقاومة لفطر Stemphylium المسبب لمرض تبقع الأوراق ، وقدرت المسافة بينهما بنحو ٣٦ر٧٧ ±٢ر٤١ وحدة عبور (Dennett ١٩٥٠) .

وقد وجد Alexander (١٩٥٩) المقاومة لسلالتى الفطر ١ ، ٢ فى عدة سلالات برية أخرى ، هى :

١ - المقاومة لسلالة الفطر رقم ١ فى السلالات :

L. peruvianum P.I. 126928 & P.I. 212407

L. pimpinellifolium P.I. 211838 , P.I. 211839 & P.I. 212408.

L. esculentum x L. pimpinellifloium P.I. 205033 .

٢ - المقاومة لسلالة الفطر رقم ٢ فى السلالات :

L. peruvianum P.I. 126928 & P.I. 212407.

L. pimpinellifolium P.I. 211840 , P.I. 212408 & P.I. 212409 .

كذلك اختبر الباحثون عديداً من أصناف الطماطم (Henderson & Winstead ١٩٦١، و Winstead & Henderson ١٩٦٤) ، وأعطوا قوائم بأسماء الأصناف المقاومة . ويستدل من الدراسات التى أجريت فى مصر على أن أصناف الطماطم التى تحمل الجين I

(المسئول عن المقاومة للسلالة رقم ١ من الفطر) على درجة عالية من المقاومة تحت الظروف المحلية (Ali وآخرون ١٩٧٢ ، و Hassan وآخرون ١٩٨٢) .

وفى عام ١٩٦٥ تمكن Stall & Walter من اكتشاف المقاومة للسلالة ٢ من الفطر فى نسل التلقيح الناتج بين أحد أصناف الطماطم التجارية والسلالة P.I. 126915 من النوع البرى L. pimpinellifolium ، وكانت هذه المقاومة – أيضاً – بسيطة وسائدة ، وأعطى الجين المسئول عنها الرمز I_2 . وقد نقل هذا الجين – كذلك – إلى الطماطم بإنتاج الصنف والتر Walter، وهو أول صنف طماطم يحمل المقاومة لكل من سلالتى الفطر ١ ، و ٢ (Strobel وآخرون ١٩٦٩) . وأعقب ذلك إنتاج عديد من الأصناف التجارية التى تحمل جينى المقاومة ، ومن أمثلتها : Petopride No.2 ، و Peto 95 ، و Peto 98 ، والهجن Duke ، و President ، و Bonanza وغيرها . وعلى خلاف الاعتقاد الذى كان شائعاً بأن الجين I_2 يتحكم فى المقاومة لسلالتى الفطر ١ ، و ٢ .. وجد Laterrot & Philouze (١٩٨٤) أن هذا الجين يتحكم فى المقاومة للسلالة رقم ٢ فقط .

هذا .. وكان Alexander & Hoover قد اكتشفا عام ١٩٥٥ سلالة جديدة من الفطر كانت قادرة على كسر المقاومة التى يوفرها الجينان I ، و I_2 ، وهى التى عرفت بالسلالة رقم ٢ (عن Alexander ١٩٧٨) .

كذلك عثر Grattidge & O'brien (١٩٨٢) فى كوينزلاند بأستراليا على سلالة مشابهة كانت قادرة على كسر مقاومة الجينات I ، و I_2 . وقد تكرر ذلك فى أماكن أخرى من العالم ، إلا أن تحديد العلاقة بين سلالة الفطر الجديدة فى هذه الأماكن لم يكن ممكناً – حينئذ – لأنه يتطلب وجود عوائل مفرقة differential hosts ، وهو الأمر الذى لم يكن – حينئذ – متوفراً ؛ لعدم وجود أى مصدر للمقاومة لغير السلالتين ١ ، و ٢ وإثر اكتشاف سلالة جديدة من الفطر (السلالة رقم ٣) فى فلوريدا عام ١٩٨٢ .. قام Scott & Jones (١٩٨٦) بتقييم نحو ٩٠٠ صنف وسلالة من الطماطم والأنواع البرية القريبة منها لمقاومة هذه السلالة، وتوصلا إلى مصادر للمقاومة فى عدد من سلالات النوع البرى L. peruvianum ، بينما كانت أعلى درجة للمقاومة فى السلالة LA716 من النوع L.pennellii وقد تبين من

الدراسات الوراثية الأولية التى أجرياها على هذه السلالة أن صفة المقاومة فيها بسيطة وسائدة . وقد تبين – بعد ذلك – أن هذه السلالة (LA716) مقاومة كذلك للسلالتين الأخريين المعروفتين من الفطر (السلالتان ١ ، و٢) ، بالإضافة إلى مقاومتها للسلالة الجديدة (رقم ٣) ، كما تأكد أن صفة مقاومتها للسلالة رقم ٣ يتحكم فيها جين واحد سائد (Bournival وآخرون ١٩٨٨) . أعطى هذا الجين الرمز I_3 . وبرغم ظهور بعض الانحرافات عن النسب المتوقعة .. إلا أنها أرجعت إما إلى وجود جينات محورة ، وإما إلى عدم نفاذية تأثير هذا الجين بشكل كامل (Scott & Jones ١٩٨٩) . كذلك اكتشفت المقاومة لهذه السلالة (رقم ٣) فى سلالة أخرى من نفس النوع (L. pennellii) هى P.I. 414773 ، كما وجد أن مقاومتها صفة بسيطة سائدة كما هى الحال فى السلالة LA716 (عن McGrath ١٩٨٨) .

وفيما يتعلق بالأصناف التى تتحمل الإصابة بالمرض – والتى من أمثلتها رتجرز ، ومارجلوب – فهى قابلة للإصابة ، إلا أن أعراض المرض لا تظهر عليها إلا متأخرة لقدرتها على تحمل الإصابة . وينصح Crill & Jones (١٩٧٢) بعدم إضاعة الوقت مع التربية لإدخال صفة المقدرة على تحمل الإصابة tolerance ، مع وجود مصادر جيدة للمقاومة resistance . ويؤيد هذا الرأى دراسة أجراها Crill وآخرون (١٩٧٣) زرعوا فيها الصنفين: والتر المقاوم للسلالة رقم ٢ ، وهومستد Homestead 24 ٢٤ القادر على تحمل الإصابة بنفس السلالة – كل على انفراد – لمدة سنتين متتاليتين فى نفس الموقع ؛ فكان من نتيجة ذلك أن ظهرت أعراض الإصابة بالفطر على صورة تقزم شديد فى ٧٤ ٪ من نباتات الصنف هومستد ٢٤ ، بينما ظل الصنف والتر مقاوماً . هذا .. بينما لم تظهر أعراض شديدة للإصابة على نباتات الصنف هومستد ٢٤ حينما زرعت فى السنة الثانية فى الموقع الذى كان مزروعاً فى السنة الأولى بالصنف والتر .

طرق تقييم مقاومة المرض

يمكن باختبارات التقييم التمييز بين المقاومة لأى من سلالات الفطر(التى يتحكم فيها الجين I ، أو I_2 ، أو I_3) ، والقدرة على تحمل الإصابة التى تتوفر فى بعض الأصناف مثل مارجلوب . ويتحقق ذلك عندما لا يكون الاختبار قاسياً . أما عندما تكون العدوى (تركيز معلق جراثيم الفطر فى هذه الحالة) شديدة ، والظروف البيئية مناسبة للإصابة (٢٤°م

ليلاً ، و٣٠°م نهاراً) .. فإنه لاتنجو من الإصابة سوى الأصناف والسلالات الحاملة لجينات المقاومة ، أما تلك التى توصف بالقدرة على تحمل الإصابة .. فإنها تصاب بشدة (عن Walker ١٩٦٥) .

وقد اتبع Crill وآخرون (١٩٧٢) فى تقييم مقاومة المرض - عند إجراء عملية الانتخاب فى برنامج التربية - الطريقة التالية :

١ - تعزل مزارع للفطر من جراثيم مفردة monospore cultures يُحصل عليها من نباتات مصابة . تختبر هذه المزارع ؛ للتعرف على درجة ضراوتها Virulence(كفاءتها أو قدرتها على الإصابة ، وشدة الأعراض التى تحدثها) ، وتختار أكثرها ضراوة . تكثر العزلات المنتخبة فى أنابيب اختبار تحتوى على بيئة متصلبة مائلة (slants) ، وتخزن على درجة ١٣°م لحين الحاجة إليها .

٢ - تستخدم المزارع المحفوظة فى أنابيب الاختبار فى عدوى (تلقيح) أطباق بترى تحتوى على بيئة البطاطس والدكستروز والآجار (PDA Medium) ، وتحضن على درجة ٢٨°م لمدة ٥ - ٧ أيام . تستخدم هذه المزارع فى إكثار الفطر بكميات كبيرة فى أطباق أخرى بها طبقة رقيقة جدا من نفس البيئة ، وتحضن كذلك على درجة ٢٨°م لمدة ٥ - ٧ أيام قبل استعمالها فى عدوى النباتات التى يراد تقييمها .

٣ - عند إجراء العدوى inoculation (أو ما يعرف - أيضاً - بعملية الحقن .. وهى ليست حقنا بالمعنى المفهوم للكلمة) .. تُضرب مزارع الفطر النامية فى أطباق بترى جيداً فى الخلاط ، ويحضر منها ثلاثة تركيزات من معلق الفطر ؛ هى :

أ - تركيز منخفض : يحتوى على ٢٥ر٠ × ١٠^{٦} جرثومة بكل ملليلتر من المعلق .

ب - تركيز متوسط : يحتوى على ٢٥ر٤ × ١٠^{٦} جرثومة بكل ملليلترمن المعلق ، وهو الذى يفضل استعمالة .

جـ - تركيز مرتفع : يحتوى على ٥٠ر١٠ × ١٠^{٦} جرثومة بكل ملليلتر من المعلق .

تجرى العدوى على بادرات طماطم عمرها أسبوعان ، تكون قد سبقت زراعتها فى تربة معقمة بالبخار ، ونُميت على درجة حرارة ٢٧°م . تقلع البادرات وتغسل جذورها جيداً بالماء

لإزالة معظم التربة العالقة بها ، ثم تغمس الجذور فى معلق جراثيم الفطر ؛ حيث يلتصق بها جيداً لاحتوائه على البيئة . وقد تبين بالخبرة أن الأجارليس له أى تأثير فى الإصابة بالفطر ، أو فى قدرة الفطر على التطفل . تشتل البادرات - بعد ذلك - مباشرة فى تربة معقمة بالبخار ، وتترك على درجة ٢٨°م .

٥ - يحسن دائماً أن تتضمن كل مكررة صنفاً يتحمل الإصابة مثل رتجرز أو مارجلوب ، وصنفا شديد القابلية للإصابة مثل بونى بست Bonny Best ؛ للمساعدة على تفسير النتائج . كما يرجع إلى الأصناف المبينة فى جدول (٤ - ٢) ؛ كشاهد للمقارنة فى اختبارات التقييم للاستدلال على سلالة الفطر ، وحالات القدرة على تحمل الإصابة .

جدول (٤-٢) : عوائل الطماطم (الأصناف المفرقة Differential Varieties) فى اختبارات السلالات، وتقييم المقاومة والقدرة على تحمل الإصابة بفطر Fusarium oxysporum f. lycopersici .

الصنف	الاستجابة للسلالة	
	١	٢
والتر Walter	مقاوم	مقاوم
بونى بست Bonny Best	يصاب	يصاب
إنديان رفر Indian River	مقاوم	يتحمل الإصابة
فلورادل Floradel	مقاوم	يتحمل الإصابة
مانابال Manapal	مقاوم	يتحمل الإصابة
هومستد ٢٤ Homestead 24	مقاوم	يتحمل الإصابة
تروبك Tropic	مقاوم	يتحمل الإصابة
مارجلوب Marglobe	يتحمل الإصابة	يتحمل الإصابة
رتجرز Rutgers	يتحمل الإصابة	يتحمل الإصابة

٦ - يجب التحكم فى كل العوامل البيئية التى يمكن أن تؤثر فى نتائج الاختبار ؛ مثل الفترة الضوئية ، وشدة الإضاءة ، ودرجة الحرارة ، والتغذية ، و pH التربة ، والرطوبة الأرضية . وبالنسبة للتغذية .. يراعى توفير العناصر الدقيقة فى التربة ؛ لأنها ضرورية لنمو وتجرثم الفطر ؛ حيث يؤدى نقصها إلى جعل الإصابة ضعيفة وغير متجانسة . وعلى العكس من ذلك .. يجب خفض مستوى النيتروجين فى التربة ؛ لأن النباتات التى تعانى نقص هذا

العنصر تكون أكثر عرضة للإصابة بالمرض .

٧ – يستدل على شدة الإصابة بتسجيل بيانات عما يلى :

أ – عدد النباتات المصابة .

ب – عدد النباتات الميتة .

جـ – درجة الإصابة : تقدر على مقياس وصفى من صفر إلى ٥ ، يعنى فيه الصفر : عدم ظهور أية أعراض للمرض ، و ٥ : موت النباتات .

طبيعة المقاومة للمرض

أوضح Brock (١٩٤٨) أن ظهور بعض التلون فى الحزم الوعائية لجنور النباتات المقاومة أمر ممكن ، كما يمكن عزل الفطر من هذه المناطق المتلونة ؛ إلا أن سيقان هذه النباتات تكون خالية تماماً من أى تلون فى الحزم الوعائية ، ولا يمكن عزل الفطر منها .

وقد تمكن Scheffer & Walker (١٩٥٤) من إثبات أن مقاومة الطماطم للذبول الفيوزارى ليست مقصورة على الجنور ، وإنما توجد كذلك فى السيقان . وتحقق ذلك بإدخال جراثيم الفطر فى الحزم الوعائية للسيقان ، ثم دفعها إلى التحرك لأعلى مع تيار ماء النتح ؛ فلم تظهر أعراض المرض إلا على الأصناف القابلة للإصابة فقط . كذلك طعمت سيقان أصناف قابلة للإصابة على جنور نباتات مقاومة ، وسيقان نباتات مقاومة على جنور نباتات قابلة للإصابة ، ثم حقنت الطعوم بالفطر ، فلم تصب – منها – إلا القابلة للإصابة فقط ؛ مما يدل على أن المقاومة لا تعتمد على عوامل أو مواد تنتج فى الجنور (Scheffer ١٩٥٧ ، و Keyworth ١٩٦٣) .

وقد بذلت محاولات لاستخلاص مواد مثبطة لنمو الفطر من نباتات الطماطم المقاومة للمرض ؛ فوجد Gothoskar وآخرون (١٩٥٥) أن مستخلصات نباتات الطماطم من الصنف جفرسون Jefferson المقاوم لم يكن لها أى تأثير فى نمو الفطر فى بيئة صناعية ، إلا أن Baumgardt (١٩٥٣) أوضح احتمال وجود بعض البولى فينولات التى تثبط نمو الفطر فى النباتات المقاومة . كما وجد Hemmersch lag & Macé (١٩٧٥) أن مستخلصات جنور أصناف الطماطم المقاومة للذبول تحتوى على نشاط مثبط للنمو الفطرى ، يبلغ تأثيره ضعف ما يوجد في مستخلصات جنور الأصناف غير القابلة للإصابة ، سواء أكانت

تلك المستخلصات من نباتات سبقت عدواها ، أم لم تسبق عدواها بالفطر المسبب للمرض :

وأوضحت الاختبارات الحيوية واختبار الفصل الكروماتوجرافى لمثبطات النمو الفطرى أن هذا النشاط يرجع إلى مركب ألفا توماتين alpha - tamatine الذى قدر تركيزه بنحو ١٨٠ × ١٠-٩ جرامات بكل جرام من الأنسجة الطازجة لجنور النباتات المقاومة التى سبقت عدواها بالفطر . هذا .. إلا أن Kern (١٩٥٢) كان قد أوضح أن مركب الألفاتوماتين ليس له سوى تأثير طفيف مثبط للنمو الفطرى ، وأنه لا يوجد أى مبرر للاعتقاد بوجود أية علاقة بينه وبين المقاومة . كذلك بيَّن Smith & McHardy (١٩٨٢) أن هذا المركب لا يمكن أن يكون عاملاً أساسياً فى المقاومة للمرض ؛ نظراً لأنه شجع الفطر (السلالتين ١ ، و ٢) على إنتاج الجراثيم بوفرة .

وتؤثر عديد من المعاملات السابقة للعدوى فى شدة الإصابة بالمرض ، وتفيد تلك المعاملات فى تفهم بعض جوانب طبيعة المقاومة . فقد وجد Scheffer & Walker (١٩٥٤) أن أعراض الإصابة تظهر على العقل الورقية للنباتات المقاومة إذا سمح لها أولا بامتصاص بعض المحاليل الكحولية مع تيار ماء النتح قبل عدواها بالفطر ؛ مما يدل على اعتماد المقاومة على النشاط الدائم فى ميتابوليزم النبات . كذلك وجد Gothoskar وآخرون (١٩٥٥) أن المقاومة تكسر فى العقل الساقية للنباتات المقاومة ، إذا عوملت بأى من مثبطات التنفس التالية :

٢ ، ٤ – داى نيتروفينول 2 , 4 -dinitrophenol .

الثيوريا thiourea .

فلوريد الصوديوم sodium fluoride .

صوديوم داى ميثيل داى ثيوكارباميت sodium dimethyl dithiocarbamate .

هذا .. بينما لم تشجع أى من هذه المركبات على نمو الفطر فى البيئة الصناعية . واستدل الباحثون من ذلك على أن المقاومة تعتمد على إنتاج النبات المستمر لمواد معينة ، وأن إنتاج هذه المواد يعتمد علي الطاقة المستمدة من التنفس . كذلك وجد Danko & Gorden (١٩٨٤) أن معاملة جذور نباتات الطماطم من الصنف جفرسون Jefferson المقاوم للسلالة رقم ١ من الفطر بالإيثانول بتركيز ١ ٪ أدت إلى كسر المقاومة للفطر تماماً ،

وظهور التلون بالحزم الوعائية ، وأعراض المرض على النموات الخضرية كما فى الصنف بونى بست Bonny Best القابل للإصابة . وقد كان ذلك مصاحباً بنقص فى النشاط المضاد للفطريات فى مستخلص الأوعية الخشبية (مستخلص بالأسيتون) ، بينما كان النشاط عالياً في مستخلص جذور النباتات غير المعاملة بالإيثانول .

وتبين من دراسات Chet وآخرين (١٩٧٨) أن معاملة نباتات الطماطم بالكايتكول Cate-chol بتركيز ٥٠ ، أو ١٠٠ جزء فى المليون يؤدى إلى خفض الإصابة بالذبول الفيوزارى . وقد أمكن المحافظة على النباتات المحقونة (المعدية) بالفطر بحالة جيدة لمدة أربعة شهور بتكرار معاملتها بالكايتكول مع ماء الرى . وفى المقابل .. لم يكن لهذا المركب أى تأثير على إنبات جراثيم الفطر ونموه فى البيئات الصناعية . وقد أحدثت المعاملة بالكايتكول تأثيرات مشابهة فى حالات مرضية أخرى هى ذبول فيرتسيلم فى الطماطم (المسبب : Verticillium dalhiae) ، والذبول الفيوزارى فى الباذنجان (المسبب F. oxysporum f. melongenae) .

كذلك وجد Carrasco وآخرون (١٩٧٨) أن معاملة نباتات الطماطم القابلة للإصابة بحامض الكونيك quinic acid أحدثت زيادة فى محتواها من الفينولات الذائبة واللجنين ، وفى مقاومتها للفطر ؛ حيث كان النمو الفطرى فيها أقل مما فى النباتات غير المعاملة ، وارتبطت درجة مقاومتها المستحدثة – طردياً – بمستوى الفنيول المنتج فيها . هذا .. بينما لم يكن لحامض الكونيك أية تأثيرات سامة فى الفطر .

وأوضحت دراسات Jones & Woltz (١٩٧٣) أن معاملة نباتات الطماطم من صنف مانابال Manapal المقاوم للسلالة رقم ١ من الفطر – يومياً لمدة ١٤ يوماً – بأى من عدة أحماض أمينية قبل حقنها بسلالة الفطر تؤدى إلى إصابتها بشدة بالمرض . إلا أن معاملة نباتات نفس الصنف بالحامض الأمينى مثيونين methioine قبل حقنها بالسلالة رقم ٢ من الفطر أدت اختفاء أعراض الذبول كلية ، برغم وجود الفطر فى سيقان النباتات وعزله منها. أما الصنف والتر Walter المقاوم لسلالتى الفطر ١ ، و ٢ .. فلم يتأثر إلا قليلاً بمعاملات الأحماض الأمينية قبل الحقن بأى من سلالتى الفطر ، إلا أن عدداً قليلاً من النباتات ظهرت عليها أعراض الذبول حينما عوملت بأى من الأحماض الأمينية : الهستدين histidine ، أو

الأسبارجين aspargine ، أو الثريونين thereonine قبل حقنها بأى من سلالتى الفطر .

وقد بين Retig (١٩٧٤) أن معاملة نباتات الصنف سوبر مارمند فى آر Supermar-mande VR القابل للإصابة بالذبول الفيوزارى بمركب الإثيفون ethephon جعلته أكثر مقاومة للفطر ، وأحدثت به زيادة فى نشاط إنزيمى البيروكسيديز ، والبولى فينول أو كسيديز بصورة مشابهة لما يحدث طبيعياً فى جذور النباتات المقاومة بعد العدوى بالفطر . وكان Menon &Schachinger (١٩٥٧) قد لاحظا زيادة فى تركيز الفينولات الكلية ، وفى نشاط إنزيم البولى فينول أو كسيديز فى ثلاثة أصناف مقاومة للذبول الفيوزارى ، مقارنة بأحد الأصناف القابلة للإصابة ، وكان نشاط الإنزيم وتركيز الفنيولات – فى الأصناف المقاومة – أكثر فى الأنسجة المحقونة بالفطر مما فى الأنسجة التى لم تتعرض للإصابة ، بينما لم تشاهد تلك الاختلافات بين الأنسجة فى الصنف القابل للإصابة .

وتأكيداً لذلك .. وجد Retig (١٩٧٤) زيادة فى نشاط إنزيمى البيروكسيديز ، والبولى فينول أوكسيديز فى جذور الصنف المقاوم هوسن إيلون Hosen Eilon بعد فترة قصيرة من حقنها بالفطر ، بينما لم تحدث فى جذور الصنف القابل للإصابة سوبر مارمند فى آر زيادة مماثلة فى إنزيم البيروكسيديز إلا بعد ٢٤ ساعة من الحقن بالفطر ، ولم تحدث به أية زيادة جوهرية فى نشاط إنزيم البولى فينول أو كسيديز . ولا تدع هذه النتائج مجالاً للشك فى أن المقاومة لفطر الفيوزاريم فى الطماطم مردها إلى إنتاج النباتات لفيتو ألاكسينات Phytoalexins معينة ذات طبيعية فينولية . وكان Matta وآخرون (١٩٦٨) قد أوضحوا أن العدوى بالفطر تدفع النباتات إلى تكوين مركبات فينولية فى كل من الأصناف المقاومة والأصناف القابلة للإصابة ، إلا أنها تكونت بسرعة أكبر فى الأصناف المقاومة . كما ذكر El-Sayed (١٩٧٨) أن مقاومة ١٢ سلالة من الطماطم للفطر كان مردها إلى قدرتها على إنتاج الفيتو ألاكسين ريشيتين Rishitin ، وكانت المقاومة مرتبطة جوهرياً بمحتوى جذور النباتات منه .

العلاقة بين المقاومة للذبول الفيوزارى والإصابة بنيماتودا تعقد الجذور :

تتضارب نتائج الدراسات التى تتعلق بالعلاقة بين المقاومة للذبول الفيوزارى فى الطماطم، وإصابة النباتات بنيماتودا تعقد الجذور ؛ فيقرر Binder & Hutchinson

(١٩٥٩) أن الإصابة بنيماتودا تعقد الجنور لم تؤد إلى زيادة الإصابة بالذبول الفيوزارى . ويؤكد Jones وآخرون (١٩٧٦) أن العدوى بنيماتودا تعقد الجنور لم تؤثر فى مقاومة نباتات الصنف Manapal للسلالة رقم ١ من الفطر ، أو مقاومة الصنف Florida MH-1 لسلالتى الفطر ١ ، و ٢ ، سواء أحدثت العدوى بالنيماتودا مع العدوى بالفيوزاريم ، أم قبلها بأسبوعين .

كذلك أوضحت دراسات Abawi & Barker (١٩٨٤) عدم وجود أى تفاعل بين النيماتودا والذبول الفيوزارى فى أى من الأصناف التى استخدماها فى دراستهما ، وهى : صنف مقاوم لكل من النيماتودا والفطر ، وأربعة أصناف مقاومة للفطر فقط ، وصنفان قابلان للإصابة بكل من النيماتودا والفطر ؛ فلم تتأثر مقاومة الأصناف الحاملة لأى من الجينين I ، أو I_2 للسلالة رقم ١ من فطر الفيوزاريم إذا ما حقنت بالنيماتودا قبل حقنها بالفطر . كما أصبح الصنف نيماتكس Nematex - المقاوم لكل من النيماتودا والفطر - قابلاً للإصابة بالنيماتودا فى درجة حرارة ٣٥°م ، بينما ظل مقاوماً للفيوزاريم فى وجود الطفيلين .

هذا .. إلا أن دراسات أخرى عديدة تؤكد على كسر (فقد) المقاومة للفيوزاريم عند تعرض النباتات للإصابة بنيماتودا تعقد الجنور ، ونذكر على سبيل المثال دراسات Moura (١٩٧٥) ، و Sidhu & Webster (١٩٧٧) .

درس Sidhu & Webster (١٩٧٤) وراثة التفاعل بين الفطر المسبب للذبول الفيوزارى ونيماتودا تعقد الجنور فى التأثير على الإصابة بالفطر . وقد استخدم الباحثان - فى هذه الدراسة صنف الطماطم وندر بوى Wonder Boy القابل للإصابة بكل من الفطر والنيماتودا ، والصنف صمول فراى Small Fry المقاوم لكليهما ، وكان نوع النيماتودا المستخدم هو Meloidgyne incognita . أكثرت نباتات الجيل الثانى خضرياً ، ليمكن اختبارها لمقاومة الفطر والنيماتودا فى اختبارات مستقلة ، فضلاً على اختبار مشترك بالحقن لكليهما (النيماتودا والفطر) فى آن واحد . وقد أوضحت نتائج الجيل الثانى - عندما كان الحقن بالنيماتودا والفطر فى اختبارات منفصلة - أن الانعزال كان بنسبة : ٩ مقاوم لكليهما : ٣ مقاوم للفطر فقط : ٣ مقاوم للنيماتودا فقط : ١ قابل للإصابة بكليهما ؛

مما يدل على أن المقاومة لأى من الطفيليين يتحكم فيها جين واحد سائد . أما عندما حقن كل نبات من الجيل الثانى بالطفيلين معاً .. فإن الانعزال – سواء أكان الحقن بالنيماتودا ثم الفطر ، أم بالفطر ثم النيماتودا – كان كما يلى : ٩ مقاوم لكليهما : ٣ مقاوم للنيماتودا وقابل للإصابة بالفيوزاريم : ٤ قابل للإصابة بكليهما ؛ ويعنى ذلك أنه – بغض النظر عن مقاومة النبات للفطر أو عدم مقاومته – فإن قابليته للإصابة بالنيماتودا تجعله – فى وجود النيماتودا – قابلاً للإصابة بالفطر . كما تعنى هذه النتائج – أيضاً – أن الانعزال بالنسبة لمقاومة الفطر يمكن أن يكون بنسبة ٩ مقاوم : ٧ قابل للإصابة إذا أجرى التقييم فى الحقل مع وجود النيماتودا بالتربة .

وقد أوضحت دراسة أخرى لنفس الباحثين (Sidhu & Webster ١٩٧٧) أن التفاعل بين النيماتودا والفطر ينتج منه مادة ما ، مسئولة عن فقد المقاومة للفطر ، وأن هذه المادة تنتقل فى النموات الخضرية للنبات لمسافات بعيدة عن موضع التفاعل . كما اقترحا كذلك (Sidhu & Webster ١٩٧٥) أن بعض سلالات الفطر تحتاج إلى توفر بعض الأحماض الأمينية فى العائل لكى يمكنها التطفل ، وأن الإصابة بالنيماتودا M. incognita تحدث زيادة كبيرة فى تركيز بعض هذه الأحماض فى النبات ، الأمر الذى يزيد من قدرة هذه السلالات على التطفل .

وتبين من دراسات Orion & Hoestra (١٩٧٤) أن معاملة نباتات الطماطم من صنف منى ميكر – القابل للإصابة بالذبول الفيوزارى بالإثيفون – أحدثت نقصاً كبيراً فى أعراض الذبول التى تظهر عليها عند حقنها بالفطر ، وكان ذلك مصاحباً بنقص فى عدد الحزم الوعائية المصابة فى الساق ، وزيادة فى طول الساق . إلا أن حقن هذه النباتات بأى من نوعى نيماتودا تعقد الجذور M. incognita أو M. javanica أضعف تأثير المعاملة بالإثيفون ، وأحدث زيادة فى عدد الحزم الوعائية التى تصاب بالفطر . أما الصنف فورتاس Fortas المقاوم للذبول الفيوزارى .. فقد احتفظ – عند معاملته بالإثيفون – بمقاومته للفطر فى وجود النيماتودا ، غير أن النيماتودا أضعفت قليلاً من مقاومته للفطر ؛ هذا .. بينما ازدادت إصابة نباتاته – بالنيماتودا – عند معاملتها بالإثيفون . وأوضحت الدراسات الهستولوجية عدم وجود اختلافات بين الصنفين فى التركيب التشريحى لأوعيتها الخشبية بعد مختلف المعاملات ؛ ويستدل من ذلك على أن منظمات النمو تلعب دوراً فى

تطفل كل من الفطر والنيماتودا ، وفى التفاعل الذى يحدث بينهما .

التربية لمقاومة ذبول فيرتسيليم

يسبب الفطران Verticillium dahliae ، و V. albo-atrum مرض ذبول فيرتسيليم Verticillium Wilt فى الطماطم ، وبعض النباتات الأخرى ؛ مثل : البطاطس ، والباذنجان ، والبامية .

يتحكم الجين السائد Ve فى المقاومة للسلالة رقم ١ من الفطر . يوجد هذا الجين فى جميع الأصناف المقاومة للمرض ؛ مثل : يوسى ٨٢ ، و يوسى ٨٦ ، و فى إف ١٤٥ وغيرها . وبرغم مسئولية هذا الجين عن المقاومة فى جميع الهجن المقاومة للمرض .. إلا أن Okie & Gardner (١٩٨٢) وجدا أن سيادته ليست كاملة . ومع اكتشاف وانتشار السلالة رقم ٢ من الفطر - خاصة فى ولايتى كاليفورنيا ونورث كارولينا الأمريكيتين - أصبح هذا الجين أقل فاعلية فى مقاومة المرض . وقد اكتشف الباحثان المقاومة للسلالة رقم ٢ فى أربعة من أصناف وسلالات الطماطم ؛ هى : Heinz 1350 ، و C28 ، و Morden MEL 2668170 ، و Morden LAC 3684 ، إلا أن مقاومتها لم تكن بنفس قوة المقاومة للسلالة رقم ١ فى الأصناف التى تحمل الجين Ve . وقد توصل الباحثان (Okie & Gardner ١٩٨٢ أ) إلى أن مقاومة السلالة Morden MEL 2668170 لسلالة الفطر رقم ٢ متنحية ، ويتحكم فيها ثلاثة جينات على الأكثر ، وذات درجة توريث منخفضة قدرت - على النطاق الضيق - بنحو ٢٥ ٪ أو أقل . وبالرغم من ذلك .. فقد تمكنا من المحافظة على المقاومة فى برنامج التربية بالانتخاب الشديد مع اختبار النسل .

التربية لمقاومة الندوة المبكرة

يسبب الفطر Alternaria solani أمراض الندرة المبكرة Early Blight ، وعفن الرقبة Collar Rot ، وتساقط البادرات Damping Off فى الطماطم . وتتوفر المقاومة resistance والقدرة على تحمل الإصابة tolerance لكل من الندوة المبكرة وعفن الرقبة فى عدد من الأصناف والسلالات ، وتورث مستقلة . فتوجد القدرة على تحمل الإصابة بالندوة المبكرة فى سلالة الطماطم C1943 ؛ وأوضحت الدراسات الوراثية أن تلك الصفة كمية ، ويتحكم

فيها عديد من الجينات (Barksdale & Stoner ١٩٧٣) . أما المقاومة .. فتوجد فى السلالة 71B2 ، ويتحكم فيها زوجان أو أكثر من العوامل الوراثية المتنحية (Barksdale & Stoner ١٩٧٧) ، بينما تكون المقاومة لعفن الرقبة بسيطة ومتنحية جزئياً (Reynard & Andrus ١٩٤٥) .

هذا .. وقد أوضحت دراسات Nash وآخرين (١٩٨٨)على سلالة الطماطم NC EBR-1– التى حصلت على مقاومتها من السلالة P.I. 126445 من L. hirsutum – أن المقاومة كمية ، تراوحت درجة توريثها على النطاق الضيق – عندما قدرت بطرق مختلفة – من ١٧ ر٠ وإلى ٤٩ ر٠ وقد تأكد ذلك من دراسات Maiero وآخرين (١٩٨٩) الذين وجدوا أن المقاومة العالية – التى توجد فى السلالة السابقة (NC EBR - 1) وسلالتين أخريين هما : 71B2 ، و C1943 – صفة كمية ؛ كما كانت القدرتان العامة والخاصة على التآلف لصفة المقاومة جوهريتين جداً . وفى دراسة لاحقة (Maiero وآخرون ١٩٩٠) على خمس سلالات مقاومة (منها السلالات الثلاث السابقة) .. تبين أن المقاومة كمية ، ويتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى .

ويذكر أن أصناف الطماطم المقاومة للندوة المبكرة تحتوى على تركيزات أعلى من التانينات والفينولات الكلية – مقارنة بالأصناف القابلة للإصابة – وأن المقاومة ترتبط بإنتاج الفيتوألاكسين ريشيتين rishitin (عن Dixon ١٩٨١) .

التربية لمقاومة الندوة المتأخرة

يسبب الفطر Phytophthora infestans مرض الندوة المتأخرة Late Blight فى الطماطم والبطاطس . ويتوفر نوعان من المقاومة للمرض : مقاومة بسيطة (نوعية) simple أو رأسية vertical ، ومقاومة كمية quantitative أو أفقية horizontal. يتحكم فى المقاومة البسيطة جينات سائدة ، يختص كل واحد منها بمقاومة سلالة معينة من الفطر . اكتشف أول هذه الجينات فى عام ١٩٥٢ فى إحدى السلالات البرية ، وأعطى الرمز TR_1 . يقاوم هذا الجين الإصابة بسلالة الفطر التى تعرف بالرقم صفر . وتلا ذلك اكتشاف جينات أخرى أخذت الرموز TR_2 ، و TR_3 ... وهكذا ، وتقاوم – على التوالى – الفطريات أرقام (صفر ، و ١) ، و (صفر ، و ١ ، و ٢) ... وهكذا . وقد اتبع – فى رموز الجينات المقاومة للندوة

المتأخرة فى الطماطم – نفس الطريقة التى اتبعت مع البطاطس ، مع إضافة الحرف T ؛ لتمييز جينات الطماطم عن جينات البطاطس التي تأخذ الرموز R_1 ، و R_2 ، و R_3 ... وهكذا . ولكن أعيد النظر – بعد ذلك – فى نظام إعطاء الرموز لجينات المقاومة ؛ حيث استبدل الرمز TR بالرمز Ph لتصبح الجينات Ph_1 ، Ph_2 ... وهكذا .

اكتشف أول جينات المقاومة (TR_1) فى السلالة رقم P.I. 204996 من L. pimpinellifolium ، وهى التى كانت تعرف باسم West Virginia Accesion 700 ، وقد حصل عليها من المكسيك ، وتعد من أكثر السلالات مقاومة ؛ لأنها تقاوم سلالات الفطر أرقام صفر ، و ١ ، و ٢ ، بالإضافة إلى كونها على درجة عالية من المقاومة الكمية (أو الأفقية) ، التى يتحكم فيها عدد كبير من الجينات (عن Gallegly ١٩٦٠) . وتتوفر المقاومة لسلالة الفطر رقم صفر فى معظم سلالات النوع L. pimpinellifolium ، بينما تتوفر المقاومة للسلالة رقم ١ من الفطر فى السلالتين P.I. 205016 ، و 205017 من نفس النوع (Alexander ١٩٥٩) .

تعد السلالة P.I.204996 من L. pimpinellifolium من أفضل مصادر المقاومة الكمية كما أسلفنا ، وهى تستخدم فى برامج التربية كمصدر للمقاومة . كذلك تستخدم السلالة L 1197 كأفضل مصدر للمقاومة فى المركز الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر (Yang ١٩٧٩) . تكون هذه المقاومة فى أفضل صورها فى الظروف البيئية التى لا تسمح بتراكم الأحماض الأمينية الحرة فى الأنسجة النباتية . وهى لا تظهر فى طور البادرة فى كل الظروف ، كما لا تظهر فى النباتات الأكبر سناً التي تكون نامية فى ظروف خصوبة عالية ، وإضاءة ضعيفة ، ونهار قصير ؛ لأن تلك الظروف تشجع على تراكم مستويات مرتفعة من الأحماض الأمينية الذائبة فى الأنسجة النباتية .

وتتوفر المقاومة الكمية – كذلك – فى أنواع برية أخرى (عن Sotirova & Beleva ١٩٧٦) ؛ وهى :

L. esculentum var. cerasiforme .

L. hirsutum f. hirsutum .

L. hirsutum f. glabratum

ومن الأصناف المقاومة للندوة مايلى :

١ – أصناف صادقة التربية مثل Pieraline ، و Pierfit ، و Heline ، و Hessoline .

٢ – أصناف هجين مثل : Pyros ، و Juboline ، و Fandango ، و Flamingo ، و Jango .

ترجع المقاومة البسيطة (أو الرأسية) إلى تكوين النباتات – فى موضع الإصابة – بقع صغيرة متحللة بطريقة فرط الحساسية hypersensitivity ، يترتب على تكوينها إعاقة نمو الفطر ؛ فيتوقف تقدم الإصابة عند حدود تلك البقع ، التى تكون صغيرة المساحة جداً . وقد وجد أن هذه البقع تحتوى على مركبات فينولية سامة للفطر المسبب للمرض ولفطريات أخرى؛ مما يوحى بأن تلك المركبات هى فيتو ألاكسينات يكونها النبات المقاوم بعد مهاجمة الفطر لخلاياه . كما وجد أن أنسجة النباتات المقاومة يتكون فيها – بعد الإصابة مباشرة – مركب مثبط لإنزيم البروتينيز proteinase؛ مما يدل على أن المقاومة تتكون بفعل تثبيط النبات للـ proteolytic enzymes التى يكونها الفطر .

أما المقاومة الكمية (أو الأفقية) .. فإنها تؤدى إلى إبطاء دورة حياة الفطر على النبات بإبطائها لسرعة الإصابة وتقدمها ، وسرعة نمو الفطر وتجرثمه ، وخفضها لكثافة النمو الفطرى ، وأعداد الجراثيم التى يكونها . ومحصلة كل ذلك هى إبطاء تقدم المرض فى الحقل خلال موسم الزراعة ؛ فلا تصل الإصابة إلى ذروة الحالة الوبائية قبل الحصاد (عن Gallegly ١٩٦٠) .

يراعى عند إجراء اختبارات المقاومة للندوة المتأخرة أنها – أى المقاومة – تزداد مع تقدم النباتات فى العمر ، وأن الأصناف القابلة للإصابة تكون فى أقل درجات قابليتها للإصابة فى المراحل المتوسطة من نموها ، ثم تزداد قابليتها للإصابة مع تقدمها فى العمر (Bowley وآخرون ١٩٧٥) . تتنوع الطرق المتبعة فى اختبارات المقاومة . وعلى سبيل المثال .. تتبع فى فرنسا (فى الـ INRA) الطريقة التالية : ينمى الفطر فى أطباق بترى على درجة حرارة ١٨°م ، ويحضر من مزارع الفطر معلق لجراثيم الفطر الكونيدية لا يحتوى على أية جراثيم سابحة Zoospores . يستخدم المعلق فى عدوى النباتات بعد شتلها بنحو

٤٥ يوماً . تغطى النباتات بعد العدوى بشريحة بلاستيكية لمدة أربعة أيام ، يحتفظ خلالها بإضاءة منخفضة ورطوبة عالية . يرفع الغطاء البلاستيكى بعد ذلك ؛ حيث تظهر أعراض الإصابة فى غضون ثلاثة أيام أخرى .

التربية لمقاومة الانثراكنوز

يسبب الفطر Colletotrichum phomoides مرض الأنثراكنوز فى الطماطم ، وهو مرض يصيب الثمار . ويذكر Hoadley (١٩٦٠) أنه لم يمكن العثور على أى مصدر لمقاومة المرض فى نوع الطماطم L. esculentum بالرغم من اختباره لمئات الأصناف والسلالات ، ولكن المقاومة اكتشفت - بعد ذلك - فى سلالة الطماطم P.I. 272636 (عن Miller وآخرين ١٩٨٣) . كذلك وجدت المقاومة فى السلالات البرية التالية (عن Robbins & Angell ١٩٧٠) :

L. pimpinellifolium P.I. 127833 .

L. esculentum x L. pimpinellifolium P.I. 129027 .

كما عرفت المقاومة للأنثراكنوز فى بعض سلالات الصنف النباتى L. esculentum var. cerasiforme ، ومنها نقلت إلى سلالة الطماطم AC 629 .

إن أكبر مشاكل التربية لمقاومة الأنثراكنوز فى الطماطم لهى صعوبة إجراء عمليتى الحقن (العدوى) والتقييم ، وكثرة السلالات الفسيولوجية للفطر . وتستخدم بيئات خاصة لزراعة الفطر ؛ لتساعد على زيادة تكوينه للجراثيم ؛ (عنHoadley ١٩٦٠) ، ومن هذه البيئات البيئتان : Yeast extract - peptone - agar ، و V-8 agar .

تتضمن جميع طرق تقييم المقاومة إحداث جروح بالثمار ؛ لأن الفطر لا يمكنه إصابة الثمار غير المجروحة ؛ علما بأن الفطر يصيب الثمار - فى الظروف الطبيعية - من خلال الجروح غير المنظورة . وقد تمكن Robbins & Angell (١٩٧٠) . من التوصل إلى طريقة مؤكدة لاختبار المقاومة ؛ بوضع نقطة صغيرة من معلق الفطر على سطح الثمرة باستعمال حقنة عادية ، ثم وخز جلد الثمرة من خلال نقطة المعلق بواسطة إبراة الحقنة .

وقد أدى اتباع هذه الطريقة إلى ظهور أعراض الإصابة بالمرض على التراكيب الوراثية

القابلة للإصابة دونما حاجة إلى وضع الثمار فى ظروف خاصة من الحرارة أو الرطوبة .

وقد ذُكِرَ أن مقاومة الأنثراكوز في الطماطم كمية وسائدة جزئياً ؛ إلا أن Miller وآخرين (١٩٨٣) وجدوا أن مقاومة السلالة P.I.272636 متنحية جزئياً ، وذات درجة توريث مرتفعة قدرت -على النطاق الضيق - بنحو ٧٠ ٪ .

التربية لمقاومة عفن الثمار الرايزكتونى (عفن التربة)

يسبب الفطر Rhizoctonia solani مرض عفن الثمار الرايزكتونى Rhizoctonia Fruit Rot ، أو عفن التربة Soil Rot فى الطماطم . وتتوفر مصادر القدرة على تحمل الإصابة بالفطر فى نوع الطماطم . وقد وجد Werner وآخرون (١٩٨٠) أن وراثة هذه الصفة (القدرة على تحمل الإصابة) تختلف باختلاف مصدرها كمايلى :

١ - السلالة USDA 75 B 846 - 1-1 : يتحكم فى القدرة على تحمل الإصابة -فيها- جين واحد ، نو سيادة غير تامة ، وتقدر درجة توريثها -على النطاق الضيق - بنحو ٧١ ٪ .

٢ - السلالة USDA 75 B 610 -3 : صفة القدرة على تحمل الإصابة - فيها - كمية ، ويتحكم فيها أربعة أزواج من الجينات الرئيسية ، وتقدر درجة توريثها - علي النطاق الضيق - بنحو ٣٠ ٪ .

التربية لمقاومة تبقع الاوراق السبتورى

يسبب الفطر Septoria lycopersici مرض تبقع الأوراق السبتورى Septoria Leaf Spot فى الطماطم . تتوفر المقاومة للمرض - بدرجة عالية - فى السلالة P.I. 422397 من النوع L. pimpinellifolium وتورث كصفة بسيطة سائدة .

وقد وجد Tu & Poysa (١٩٩٠) أن حقن أوراق النباتات - التى يراد اختباراها للمقاومة - بفرشاة سبق غمسها فى معلق الفطر كان أفضل من غمس الأوراق فى المعلق أو رشها به . استخدم فى العدوى معلق لجراثيم الفطر بتركيز مليون جرثومة بكل ملليلتر ، واستخدمت فرشاة من شعر الجمل فى عدوى الأوراق من السطحين . وأعقب ذلك وضع الأصص المحتوية علي النباتات المحقونة فى صوانٍ بها طبقة رقيقة من الماء ، وتغطية

النباتات بشريحة بلاستيكية ، ثم تركها فى صوبة على درجة حرارة ٢٤ ±٢°م لمدة يومين . وقد ظهرت الاختلافات – في شدة الإصابة – بين التراكيب الوراثية بعد ذلك بستة أيام أخرى ، وكانت الإصابة متجانسة بدرجة أفضل مما كانت عليه الحال فى أى من طريقتى غمس الأوراق ، أو رشها .

التربية لمقاومة البياض الدقيقى

يسبب الفطر Leveillula taurica مرض البياض الدقيقى Powdery Mildew فى الطماطم . تتوفر مستويات مرتفعة من مقاومة المرض فى بعض الأنواع البرية ؛ مثل : L. parviflorum ، و L. chmielewskii ، و L. peruviaum ، و L. hirsutum ، و L. pimpinellifolium ، وفى أصناف قليلة من الطماطم مثل الصنف الكينى Kenya Wild ، والصنف التركى Cherry SRD (Calif. Agr. – عدد مارس / أبريل ١٩٨٨) . وفى اختبار موسع تضمن ١٩٦٣ صنفا وسلالة من الطماطم .. وجد Yang (١٩٧٩) المقاومة الحلقية للمرض فى سلالات الطماطم L17 ، و L 30 ، و L40 .

يتعين – عند الاختبار لمقاومة البياض الدقيقى – عدم تسجيل شدة الإصابة قبل مرور ٣٥ يوما على العدوى بالفطر، ويتضح ذلك من شكل (٤-١) ، الذى يبين تطور الإصابة مع الزمن .

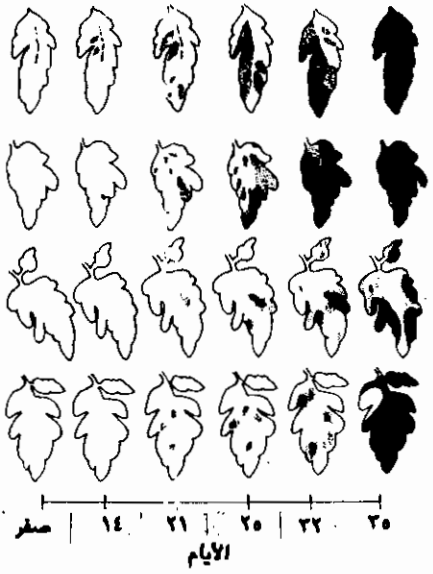
التربية لمقاومة عفن الجذر والتاج الفيوزارى

يسبب الفطر F. oxysporum f.sp. radicis - lycopersici مرض عفن الجذور والتاج الفيوزارى Fusarium Root and Crown Rot فى الطماطم . وتتوفر المقاومة للمرض فى سلالة الطماطم 1 - 89 ويتحكم فيها جين واحد سائد (Berry & Oakes ١٩٨٧) .

التربية لمقاومة عفن الجذر الفيتوفثورى

يسبب الفطر Phytopthora Parasitica مرض عفن الجذر الفيتوفثورى فى الطماطم . يتوفر طرازان للمقاومة فى بعض أصناف الطماطم التجارية ، وبعض سلالات L. esculentum var. cerasiforme . يمكن اختبار المقاومة فى طور البادرة ؛ لأن

المقاومة فى تلك المرحلة ترتبط بمقاومة النباتات البالغة فى الحقل (Hewitt وآخرون ١٩٨٧).



شكل (٤-١) : تطور الإصابة بالبياض الدقيقى فى الطماطم مع الوقت بعد العدوى بالفطر . تمثل الأجزاء المنقطة مناطق مصفرة chlorotic ، بينما تمثل الأجزاء السوداء مناطق متحللة necrotic (ميتة) من الورقة (Calif. Agr. عدد مارس / أبريل ١٩٨٨) .

التربية لمقاومة الأمراض البكتيرية

التربية لمقاومة الذبول البكتيرى

تسبب البكتيريا Pseudomonas solanacearum مرض الذبول البكتيرى Bacterial Wilt فى الطماطم ، والبطاطس ، والباذنجان . اكتشفت المقاومة للمرض فى صنف الطماطم لويزيانا بنك Louisiana Pink والسلالة T414 ، وأنتج التهجين بينهما مصادر للمقاومة أفضل من أى منهما ، علماً بأن المقاومة صفة كمية متنحية . وقد استخدمت هذه المقاومة فى برامج للتربية ، كما استخدمت مقاومة الصنف لويزيانا بنك فى إنتاج الصنفين المقاومين : فينس Venus ، وساترن Saturn (عن Russell ١٩٧٨) .

ومن المصادر الأخرى الجيدة للمقاومة السلالة P.I.127805A من L. pimpinellifolium التى اكتشفت فى هاواى عام ١٩٥٣ ، وتورث المقاومة التى تحملها كصفة سائدة جزئياً فى طور الباردة ، ومتنحية فى النباتات البالغة ، وقد نقلت إلى سلالة الطماطم Hawaii 5808 -2 (عن Gilbert & Mohanakumaran ١٩٦٩) . كما وجد Var Steckelenburg (١٩٨٥) أعلى مستوى لمقاومة للمرض فى الصنفين Irat L3 ، و Okitsu Sozai I -20 اللذين كانت مقاومتهما جزئية لوجود البكتيريا فى النباتات الخالية من أعراض الإصابة .. هذا .. وتتأثر المقاومة للمرض بدرجة الحرارة ؛ حيث تفقد فى درجة حرارة ٣٢°م . كما تؤدى الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور إلى فقدان المقاومة كذلك (عن Russell ١٩٧٨) .

التربية لمقاومة التسوس البكتيرى

تسبب البكتيريا Clavibacter michiganensis ssp. michignensis (سابقاً Corynebacterium michiganensis) مرض التسوس البكتيرى Bacterial Canker فى الطماطم . اكتشفت المقاومة للمرض فى بعض سلالات الطماطم والنوع البرى L. pimpinellifolium (Thyr ١٩٦٨) ، والسلالة P.I.251305 من L. hirsutum (Hassan وآخرون ١٩٦٨) ، وسلالات أخرى من نفس النوع . يتحكم فى مقاومة النوع L. pimpinellifolium عدة جينات ذات تأثيرات غير تامة . ولم تظهر سلالات من البكتيريا قادرة على كسر المقاومة التى توفرها هذه الأنواع .

وجدير بالذكر أن أصناف الطماطم تختلف – فى خاصية انتقال البكتيريا عن طريق البذور – حيث تختلف نسبة البذور التى تكون حاملة للبكتيريا (عند استخلاص البذور من ثمار نباتات مصابة) باختلاف الأصناف كمايلى :

الصنف	البذور الحاملة للبكتيريا (٪)
Highlander	٤٩
Heinz 1350	٣
Campbell 28	صفر

ومن الواضح أنه يمكن الاستفادة من تلك الخاصية فى جهود التربية لإنتاج أصناف لا ينتشر فيها المرض عن طريق البذور (عن Russell ١٩٧٨) .

وقد أنتج فى نورث كارولينا صنفا الطماطم Venus ، و Saturn ؛ وكلاهما مقاوم لمرضى الذبول البكتيرى والتسوس البكتيرى (Anon. ١٩٧١) . كما أنتجت أصناف أخرى كثيرة مقاومة للمرض ؛ منها : H2990 ، و MR2 ، و Monense ، و Cm VF232 ، و UC 134 . وفى محاولة لمقارنة مدى مقاومة بعض هذه الأصناف .. وجد Van Steeklenburg (١٩٨٤) أن أعلى درجات المقاومة كانت فى الصنفين Irat L3 ، و Okitsu Sozai 1-20 ؛ بينما لم تتأكد من هذا الاختبار مقاومة الأصناف Florida MH-1 ، و Utah 20 ، و Bulgaria 12 . ويبدو أن مرد تلك الاختلافات إلى تباين السلالات البكتيرية المستخدمة وطرق الاختبار للمقاومة باختلاف الباحثين . ففى دراسة على ١٣ صنفاً من تلك الأصناف التى أنتجت على أساس أنها مقاومة للمرض .. قام Berry وآخرون (١٩٨٩) بحقن النباتات بسلالات عالية الضراوة من البكتيريا ، ووجدوا أن ١١ صنفاً منها كانت مقاومة عندما كانت العدوى شديدة (٥ ر٨ × ٨١٠ خلية بكتيرية / نبات) ، بينما لم تظهر المقاومة فى الصنفين الآخرين إلا عندما كانت العدوى أقل شدة (٥ ر٨ × ٢١٠ خلية بكتيرية / نبات) ؛ وهو ما يعنى إمكانية تمييز الأصناف ذات المستويات المتوسطة من المقاومة بحقنها بتركيز منخفض من المعلق البكتيرى .

توصل Strider & Konsler (١٩٦٥) إلى طريقة سهلة وسريعة لاختبار مقاومة المرض عن طريق رش الأوراق الفلقية بمعلق بكتيرى باستعمال رشاشة يدوية صغيرة . بدأت أعراض المرض فى الظهور بعد نحو ثلاثة أيام على شكل بقع بيضاء صغيرة زادت مساحتها – تدريجياً – إلى أن وصل قطرها إلى ملليمتر واحد بعد نحو ٨ أيام من المعاملة . كما التحمت بعض البقع الصغيرة معاً وكونت بقعاً أكبر حجماً ، وصل قطرها إلى عدة ملليمترات ، وذبلت الأوراق الفلقية فى حالات الإصابة الشديدة . وقد استخدم Hassan وآخرون (١٩٦٨) هذه الطريقة فى تقييم عدة مئات من الأصناف والسلالات لمقاومة المرض .

وتمكن Thyr(١٩٦٨) من تقييم النباتات للمقاومة بعدوى النباتات بالبكتيريا المسببة للمرض ، وهى فى مرحلة تكوين الورقة الحقيقية الثالثة ؛ وذلك بقطع الورقة الحقيقية الأولى عند اتصالها بالساق وحقنها (عدواها) بالبكتيريا فى مكان الجرح ؛ حيث ظهرت أعراض المرض على التراكيب الوراثية القابلة للإصابة بعد ذلك بنحو ثمانية أسابيع . وقد أكد Van Steeklenburg (١٩٨٤) فعالية تلك الطريقة .

ومن الطرق الأخرى التى اتبعت فى العدوى بالبكتيريا مايلى :

١ - وخز السيقان من خلال نقطة من معلق البكتيريا ، أو بإبرة ملوثة بالنمو البكتيرى ، وهى من أفضل الطرق لتقييم المقاومة .

٢ - تجريح الجذور ، ثم سكب معلق البكتيريا عليها .

٣ - قص أطراف الأوراق بمقص سبق غمسه فى معلق البكتيريا .

هذا .. مع العلم بأن اختبارات البادرة لا تتفق - دائما - مع اختبارات الحقن (عن Russell ١٩٧٨) .

تعتمد خاصة المقاومة فى أصناف الطماطم على إنقاص تكاثر البكتيريا بشدة فى النباتات ، ولكنها لا تحد من إصابتها جهازياً [Van Steckelenburg ١٩٨٤] .. وقد وجد Gilbert & Mohanakumaran (١٩٦٩) أن مقاومة السلالة P.I.127805A (من L. pimpinellifoium) ترجع إلى ارتفاع محتوى جذورها من مركب الـ alph - tomatine الذى يثبط نمو البكتيريا . ويذكر Russell (١٩٧٨) أن كمية هذا المركب تزداد بعد العدوى بالبكتيريا ، ويكون معدل الزيادة فى تركيزه أكبر فى الأصناف المقاومة مما فى الأصناف القابلة للإصابة .

التربية لمقاومة التبقع البكتيري

تسبب البكتيريا Xanthomonas campestris pv. vesicatoria مرض التبقع البكتيرى Bacterial Spot فى الطماطم . تتوفر المقاومة فى سلالة الطماطم Hawaii 7998 ، وهى صفة كمية ، وذات درجة توريث مرتفعة نسبياً (Scott & Jones ١٩٨٨) .

التربية لمقاومة الأمراض الفيروسية

التربية لمقاومة فيرس تبرقش الدخان

يتحكم فى المقاومة والقدرة على تحمل الإصابة بفيرس تبرقش الدخان فى الطماطم الجينات التالية :

١ – الجين Tm-1 : يتحكم فى القدرة على تحمل الإصابة بالفيرس ، وقد نقل إلى الطماطم من النوع البرى L. hirsutum .

٢ – الجينان Tm-2 ، و $Tm\text{-}2^2$: يتحكمان فى المقاومة للفيرس ، وهما أفضل جينات المقاومة ، ونقلا إلى الطماطم من النوع البرى L. peruvianum . يرمز للجين $Tm\text{-}2^2$ – أحياناً – بالرمز $Tm\text{-}2^a$ (نسبة إلى مكتشفه Alexander) . يوجد كلا الجينين Tm-2 ، و $Tm\text{-}2^2$ فى نفس الموقع الجينى ؛ أى إنهما أليليان وبذا ؛ فلا يمكن أن يوجدا معاً فى نفس النبات إلا بحالة خليطة . ويوفر الجينان المقاومة للمرض ؛ عن طريق فرط الحساسية hypersensitivity ؛ حيث تموت الخلايا المصابة بسرعة شديدة ؛ فلا يتمكن الفيرس من الانتقال إلى خلايا جديدة (Alexander & Oakes ١٩٧٠ ، و Gates & Mckeen ، و Robinson ١٩٧٤ ، و Laterrot ١٩٧٧) . ويبين جدول (٤ – ٣) السلالات الموجودة والمحتملة من الفيرس والجينات التى تحمى النبات من الإصابة بها (عن Fletcher ١٩٨٤) . هذا .. مع العلم بأن النباتات الخليطة فى صفة المقاومة تتعرض للإصابة بالفيرس فى درجات الحرارة المرتفعة (R. Provvidenti اتصال شخصى) .

جدول (٤–٣) : السلالات الموجودة والمحتملة من فيرس تبرقش أوراق الدخان والجينات التى تحمى النبات من الإصابة بها .

جينات المقاومة فى الطماطم	سلالات الفيرس (١)							
	O	1	2	(2^2)	1:2	$(1 : 2^2)$	$(1:2:2^2)$
o	+	+	+	+	+	+	+
Tm -1	-	+	-	-	+	+	+
Tm -2	-	-	+	-	+	-	+
$Tm\text{-}2^2$	-	-	-	+	-	+	+
Tm 1, Tm -2	-	-	-	-	+	-	+
Tm -1 , $Tm\text{-}2^2$	-	-	-	-	-	+	+
Tm - 1 , Tm -2 , $Tm\text{-}2^2$	-	-	-	-	-	-	+

(١) + : لا تتوفر المقاومة ، – : تتوفر المقاومة .

( ) سلالات من الفيرس لم يعثر عليها بعد ، فيما عدا السلالة (2^2) التى وجدت فى حالات قليلة جداً .

وقد أدى انتشار زراعة الأصناف الجديدة المقاومة للفيرس إلى ظهورسلالات جديدة منه. فحينما كانت كل أصناف الطماطم قابلة للإصابة بالفيرس .. لم يكن موجوداً سوى السلالة صفر ، أو – على الأقل – كانت هى السائدة تماماً . وعندما أدخلت الأصناف التى تحمل الجين Tm-1 فى الزراعة – والمقاومة لهذه السلالة – حدث تغير كبير فى عشائر الفيرس الطبيعية ، أدى إلى ظهور السلالة "1" التى انتشرت فى وقت قصير ، وازداد انتشارها كلما ازداد انتشار زراعة الأصناف الحاملة للجين Tm-1 . ولا يعرف – على وجه التحديد – هل أدى تعرض الفيرس للمقاومة التى أحدثها الجين Tm-1 إلى إحداث الطفرة التى أوجدت السلالة "1" ، أم أن هذه السلالة كانت موجودة أصلاً ، وأدت زراعة الأصناف المقاومة للسلالة صفر إلى تكاثرها وانتشارها بالانتخاب الطبيعى ؟ لكن المهم فى الموضوع هو أن الأصناف الحاملة لهذا الجين لم تعد لها قيمة لدى المزارعين . وقد أعقب ذلك إدخال الجين Tm-2 فى الزراعة ، فظهرت السلالة القادرة على كسر مقاومته وهى السلالة "2" . أما الجين $Tm-2^2$ .. فلم يؤد إدخاله فى الأصناف الجديدة ونشر زراعتها إلى ظهور سلالة جديدة من الفيرس ؛ مما يدل على قوة المقاومة التى يوفرها هذا الجين للنباتات الحاملة له (Fletcher ١٩٨٤) .

وفيما يتعلق بكيفية التقييم للمقاومة لهذا الفيرس .. فإن الطريقة الشائعة هى عدوى أوراق البادرات قبل الشتل ؛ وذلك بحكها – برفق – بقطعة من الشاش المبللة بعصير نباتات مصابة بالفيرس ، بعد نثر قليل من مادة الكاربورندم على الأوراق .

كما وجد Emmatty & John (١٩٧١) أن غمر الأوراق الفلقية فى راشح عصير نباتات مصابة بالفيرس أحدث ٩٥٪ إصابة فى النباتات القابلة للإصابة ، بينما لم تصب أى من نباتات المقاومة .

تضاربت نتائج الدراسات الوراثية التى أجريت على صفة القدرة على تحمل الإصابة بالفيرس – سواء أكانت تلك المتحصل عليها من L. hirsutum ، أم تلك التى تحصل عليها Holmes من النوع L. chilense – فقد وصفت القدرة على تحمل الإصابة بأنها :

(١) سائدة سيادة جزئية .

(٢) يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية المتنحية .

(٣) يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية السائدة .

(٤) يتحكم فيها ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية المتنحية .

(٥) بسيطة وسائدة .

(٦) بسيطة وسائدة سيادة غير تامة .

(٧) يتحكم فيها عديد من الجينات .

هذا .. إلا أنه من المتفق عليه حالياً أن هذه الصفة - أى القدرة على تحمل الإصابة - يتحكم فيها جين واحد سائد يرمز إليه بالرمز Tm-1 ، وقد نقله Holmes من النوع L. chilense إلى سلالة الطماطم P.I. 235673 .

يرتبط الجين Tm-2 المتحصل عليه من L. peruvianum بعدد من الجينات الأخرى . فقد وجد أنه يرتبط بجين آخر متنح يعرف باسم netted - virescent ، ويرمز إليه بالرمز nv . تتلون النباتات الأصيلة فى هذا الجين (nv nv) باللونين الأخضر والأصفر بشكل شبكى . وقد قدرت المسافة الكروموسومية بين الجينين : Tm-1 ، و nv بنحو ٢ ر٠ وحدة عبور . هذا .. وقد تمكن Laterrot & Pecaut عام ١٩٦٩ من كسر الارتباط بينهما وأنتجا سلالة الطماطم Perou-2 التى كانت أصيلة فى الجين Tm-2 ، وطبيعية (أى + +) بالنسبة للموقع nv .

يرتبط الجين Tm-2 بشدة - كذلك - بجين آخر يطلق عليه اسم anthocyaninless (أى الخالى من الأنثوسيانين) ، ويرمز إليه بالرمز ah (نسبة إلى Hoffman's anthocyanin-less) . وتكون سيقان النباتات الأصيلة فى هذا الجين (ahah) خضراء تماماً وخالية من الأنثوسيانين ، ويمكن التعرف عليها فى طور البادرة .. ويوجد كلا الجينين Tm-2 ، و ah فى منطقة الكروماتين الخامل heterochromatin بالذراع الطويلة للكروموسوم التاسع ؛ حيث يقل فيها العبور برغم بعد المسافة بين الجينات .

كذلك وجد ارتباط بين الجين Tm-2 وجين آخر متنح مميت ، إلا أنه أمكن كسر هذا الارتباط ، والحصول على نباتات أصيلة فى الجين Tm-2 .

كما وجد ارتباط بين الجين Tm-2 وجين آخر سائد أطلق عليه اسم gamete promoter

ويرمز إليه بالرمز Gp . يزيد هذا الجين نسبة البويضات غير المخصبة والأجنة غير المكتملة النمو ، ويؤدى إلى حدوث انحرافات عن النسب الانعزالية المتوقعة .

أما الجين $Tm\text{-}2^2$ فهو أليل للجين Tm-2 ، وقد نقل إلى الطماطم من السلالة P.I. 128650 للنوع L. peruvianum ، ويرمز إليه – أحياناً – بالرمز $Tm\text{-}2^a$ ، ويعتقد أنه أفضل مصادر المقاومة (عن Nazeem ١٩٧٣) .

اقترح Laterrot (١٩٧٣) جمع الجينات المسئولة عن كل من المقاومة والقدرة على تحمل الإصابة معاً بحالة خليطة لسببين ؛ هما :

(١) أن النباتات الأصيلة فى أى منهما تكون قليلة الخصوبة .

(٢) أن النباتات الخليطة فى جين واحد فقط منهما لاتكون كاملة المقاومة ؛ نظراً للاعتقاد بأن هذين الجينين ليسا كاملَىْ السيادة .

وقد اختبر Cirulli & Ciccarese (١٩٧٥) ضراوة ١٩ عزلة من الفيرس على سلالات ذات أصول وراثية متشابهة من الصنف Craigella ، لا تختلف إلا فى جينات المقاومة للفيرس فى درجات حرارة ١٧ ، و ٢٢ ، و ٢٦ ، و ٣٠°م وتوصلا إلى النتائج التالية :

١ – أصيبت السلالات الخليطة فى أى من جينات المقاومة للفيرس بعدد من عزلات الفيرس أكبر من النباتات الأصيلة .

٢ – أصيبت النباتات بعدد من عزلات الفيرس فى درجة حرارة ٢٦ ، و ٣٠°م أكبر مما فى درجة حرارة ١٧ ، و ٢٢°م .

٣ – أصيبت النباتات الحاملة للجين Tm-1 بعدد من عزلات الفيرس أكبر من النباتات الحاملة للجين Tm -2 ، أو $Tm\text{-}2^2$.

٤ – كانت أكثر التراكيب الوراثية مقاومة تلك التى تحمل الجين Tm-1 بحالة أصيلة أو خليطة مع الجين Tm-2 ، أو $Tm\text{-}2^2$ بحالة أصيلة ، أو خليطة ، أو مع كليهما (أى مع الجينين Tm-2 ، و $Tm\text{-}2^2$) .

٥ – أمكن تمييز خمس سلالات من الفيرس بواسطة سلالات الطماطم

المستخدمة فى الدراسة .

٦ – كانت أفضل درجة حرارة لإجراء اختبار التمييز بين السلالات هى ٢٦°م .

هذا .. وتتوفر مصادر المقاومة للفيرس – حالياً – فى عدد كبير من أصناف الطماطم التجارية . وقد اختبرت عديد من هذه الأصناف بعزلات محلية من الفيرس ، ووجدت مقاومة (Allam وآخرون ١٩٧٤ ، و Hassan وآخرون ١٩٨٠) .

وفيما يتعلق بطبيعة المقاومة للفيرس .. أوضحت دراسات Arryo & Selman (١٩٧٧) أن الأصول المقاومة لم يكن لها أى دور فى الإصابة في الطعوم القابلة للإصابة ، بينما غيرت الأصول القابلة للإصابة من القابلية للإصابة بالفيرس فى الطعوم المقاومة ، أو الطعوم القادرة على تحمل الإصابة . وقد تمكن Maksoud وآخرون (١٩٧٥) من عزل مادة (أو مواد) مضادة للفيرس Antiviral Principal(s) (AVP) من كل من النباتات القابلة للإصابة والنباتات المقاومة بعد ١٥ يوماً من عدوى النباتات بالفيرس ، لكن الـ AVP المنتج فى النباتات المقاومة كان أكثر تثبيطاً لفيرس تبرقش أوراق الدخان النقى من الـ AVP المنتج فى النباتات القابلة للإصابة ؛ مما يدل على أن إنتاج الـ AVP فى النباتات المقاومة أسرع مما فى النباتات القابلة للإصابة ؛ الأمر الذى يؤدى إلى توقف تكاثر الفيرس فى النباتات المقاومة . يتشابه الـ AVP فى هذا الشأن مع الفيتوألاكسينات ، ويختلفان فى كون الأخيرة لا تنتج إلا فى الخلايا المصابة المحيطة بها فقط ، بينما أمكن عزل الـ AVP من الأنسجة النباتية التى لم تسبق عدواها بالفيرس ؛ إلا أن ذلك لا يعنى أنه لم يصل إليها نظراً لأنه – أى الفيرس – يصيب النبات جهازياً .

التربية لمقاومة فيرس تجعد اوراق الطماطم الاصفر

يعد فيرس تجعد أوراق الطماطم الأصفر أخطر المسببات المرضية التى تصيب الطماطم فى منطقة الشرق الأوسط . وقد اختبرت مئات من أصناف وسلالات الطماطم ، ولكن لم يستدل على وجود المقاومة فى أى منها . إلا أن القدرة على تحمل الإصابة وجدت فى عدة أصناف تجارية ؛ منها : Early Pak7 ، و Pearl Harbour (El-Hammady وآخرون ١٩٧٦) ، و Peto CVF ، و Castlex 1017 ، و Suh Artic ، و S. Carolina T 3691 ،

و VFN 19 ، و Homestead 500 (Abu - Gharbieh وآخرون ١٩٧٨) ، و Castlex 499، و Castlex 1017 ، و VF145 - B - 7879 (Hassan وآخـرون ١٩٨٥) ، و Campbell 1138 ، و Campbell (P.I. 432947) ، و Kwangtung 30 ، و Kwangtung 59 ، و Kwangtung 85 ، و Kwangtung 105 ، و Rbri-75 ، و Quinte ، و Trimson ، و Columbia ، و Roza ، و Progress 1 ، و Slava ، و P.I. 406868 ، و P.I.452015 ، و P.I. 452020 ، و P.I.452025 (Hassan وآخرون ١٩٩١) ؛ كما وجدت القدرة على تحمل الإصابة في عدد من السلالات غير المحسنة من الطماطم ؛ منها : EC 104395 (Varma وآخـــرون ١٩٨٠ ، و Fadl & Burgstaller ١٩٨٦) ، و P.I.365923 ، و P.I.365925 ، و P.I.390648 (Hassan وآخرون ١٩٩١) .

كذلك اختبرت مئات من سلالات مختلف الأنواع البرية التابعة للجنس Lycopericon ، وكانت جميع الأنواع – كذلك – قابلة للإصابة بالفيرس ، إلا أن المقاومة أو القدرة على تحمل الإصابة وجدت في سلالات معينة منها .. وكانت أكثر هذه الأنواع مقاومة : L. peruvia-num ، و L. chilense ، و L. hirsutum ، و L. cheesmaii ، وأكثرها قدرة على تحمل الإصابة النوع L. pimpinellifolium (Nariani & Vasudeva ١٩٦٣ ، و Pilowsky & Cohen ١٩٧٤ ، و Hassan وآخـرون ١٩٨٢ ، ١٩٩١ ، و AVRDC ١٩٨٧ ، و Kas-rawi وآخـرون ١٩٨٨) .

وقد أكدت جميع الدراسات – التى أجريت في هذا الشأن – أن سلالات النوع L. pim-pinellifolium التى تتحمل الإصابة تصاب بالفيرس ، ولكن لا يتأثر نموها – بشكل ملحوظ – بالإصابة .هذا .. بينما تضاربت نتائج الدراسات التى أجريت على الأنواع البرية الأخرى بشأن ما إذا كانت مقاومة (أى لا تصاب بالفيرس) ، أم أنها قابلة للإصابة، ولكن لاتظهر عليها أعراض مرضية . فمثلاً .أوضحتدراسات Mazyad وآخرين (١٩٨٢) أن السلالات LA1401 من L. cheesmani f. minor ، و LA386 من L. hirsutum ، و CMV sel I.N.R.A من L. peruvianum ظلت خالية من أية إصابة بالفيرس ، بالرغم من أنها تعرضت للعدوى الطبيعية المستمرة لمدة عام كامل .. إلا أنه أمكن إصابة نباتات

السلالة الأخيرة عن طريق التطعيم ، وكذلك عن طريق الذبابة البيضاء ، عندما أجريت العدوى الصناعية فى درجات حرارة مرتفعة بلغت ٤٢°م نهاراً ؛ مما يفيد احتمال حدوث فقد جزئى للمقاومة فى درجات الحرارة العالية . هذا .. بينما أوضح Kasrawi وآخرون (١٩٨٨) أن نباتات هذه السلالة (CMV sel I.N.R.A) وخمس سلالات أخرى من نفس النوع (L. peruvianum) كانت حاملة للفيرس ، إلا أن عدوى النباتات بالفيرس فى هذه الدراسة كان بطريقتى التطعيم والذبابة البيضاء مجتمعتين .

وقد تبين من دراسات Hassan وآخرين (١٩٨٤ أ) أن المقاومة لفيرس تجعد أوراق الطماطم الأصفر تورث فى السلالة LA1401 من L. cheesmanii f. minor كصفة متنحية تقدر درجة توريثها - على النطاق الضيق - بنحو ٤٤ ٪ ، وأن المقاومة فى السلالة LA386 من L. hirsutum تورث كصفة سائدة يتحكم فيها أكثر من جين . وأضاف Banerjee & Kalloo (١٩٨٧) أن مقاومة السلالة B6013 من L. hisutum f. glabratum تنعزل فى الجيل الثانى - لتلقيحاتها مع الطماطم - بنسبة ١٣ مقاوماً : ٣ قابلاً للإصابة ، ويتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية .

أما بالنسبة لوراثة صفة المقاومة للفيرس التى توجد فى النوع البرى L. peruvianum .. فقد تطلبت دراستها نقل الصفة أولا من النوع البرى إلى الطماطم المزروعة ، وأنتجت لذلك السلالة M-60 التى كانت بمثابة الجيل الخامس للتلقيح الرجعى الثالث ، والتى وصفت بالقدرة على تحمل الإصابة بالفيرس . وقد وجد - عند تلقيح هذه السلالة مع الطماطم - أن تلك الصفة يتحكم فيها خمسة أزواج من العوامل الوراثية المتنحية (Pilowsky & Cohen ١٩٩٠) .

وقد حظيت السلالة LA121 من L. pimpinellifloium بدراسات عديدة ، أجمعت على أنها ذات قدرة عالية على تحمل الإصابة بالفيرس ؛ حيث وجد أن نموها الخضرى لا يتأثر بالإصابة ، ولا تظهر عليها الأعراض المرضية إلا بدرجة طفيفة (Pilowsky & Cohen ١٩٧٤ ، و Makkouk ١٩٧٨ ، و Hassan وآخرون ١٩٨٢) . وتبين من الدراسات الوراثية التى أجريت عليها وعلى غيرها من سلالات L. pimpinellifolium - التى تتميز بالقدرة

على تحمل الإصابة (مثل LA 1582 ، و LA 373 ، ونباتات منتخبة من LA 1478 ، و Hirsute - I.N.R.A) – أن تلك الصفة سائدة جزئياً (Pilowsky & Cohen ١٩٧٤) أو سائدة سيادة تامة (Geneif١٩٨٤ ، و Yassin ١٩٨٧ ، و Kasrawi ١٩٨٩) أو كمية ، ومتنحية جزئياً ، وذات درجة نفانية Penetrance غير كاملة ، ودرجة توريث متوسطة ، قدرت بنحو ٨٥ ،و ٦٢ ٪ على النطاق العريض ، و ٥٢ و ٢٧ ٪ على النطاق الضيق فى السلالتين : LA 121 ، و LA 373 على التوالى (Hassan وآخرون ١٩٨٤) .

وبالنسبة لجهود التربية لإنتاج أصناف مقاومة .. فقد بدأ Pilowsky & Cohen (١٩٧٤) برنامجاً لهذا الغرض باستخدام السلالة LA 121 من L. pimpinellifolium كمصدر لتحمل الإصابة ؛ وهي – كما ذكرنا آنفاً – تصاب بالفيرس ، ولكن الأعراض التى تظهر عليها تكون طفيفة ، كما لا يتأثر نموها بالإصابة . وقد انتخبت خلال برنامج التربية سلالات تتحمل الإصابة بالفيرس ، وتظهر عليها أعراض متوسطة للإصابة ، إلا أن نموها تأثر بوضوح من جرّاء ذلك . وعليه .. فقد أوقف هذا البرنامج فى عام ١٩٧٧ ، وبدأ الباحثان برنامجاً آخر يعتمد على السلالة P.I.126935 من L. peruvianum كمصدر للمقاومة (Pilowsky & Cohen ١٩٩٠) . وقد نتج من هذا البرنامج صنف جديد هو الهجين TY 20 ، الذى وصفه الباحثان بأنه يصاب بالفيرس ، ويعطى – تحت ظروف الحقل – أعراضاً طفيفة من الإصفرار بين العروق ، ومع التفاف قليل فى الوريقات بالنباتات البالغة ، وأنه لا يختلف – كمصدر للفيرس – عن الصنف الهجين القابل للإصابة Naama ، ولكن النباتات تعطى محصولاً مُرْضياً بالرغم من الإصابة . وباختبار هذا الصنف تحت ظروف الحقل (Hassan وآخرون ١٩٩١) .. وجد أنه يصاب بالفيرس بدرجة تقل – بشكل ملموس – عن الأصناف التجارية الأخرى القابلة للإصابة ، إلا أن نموه الخضرى يبقى قوياً بالرغم من إصابته .

ويعتقد المؤلف أن مقاومة هذا الصنف تقل كثيراً جداً عن مقاومة الأب البرى الذى أخذت منه المقاومة ؛ مما يدل على فقد جزء كبير منها أثناء الانتخاب للمقاومة خلال برنامج التربية . كما نتج من نفس برنامج التربية هجناً أخرى أعلى محصولاً من الهجين TY20، مثل : TY70 ، و TY71. هذا .. وقد جَرَتْ محاولة أخرى لنقل المقاومة من

السلالة البرية CMV sel I.N.R.A. من النوع L. peruvianum ، وانتخبت سلالة على درجة عالية من المقاومة من الجيل الرابع للتلقيح الرجعى الأول (Hassan وآخرون ١٩٨٧) .

كما تجرى محاولات أخرى فى عدة دول (مثل : هولندا وفرنسا بالتعاون مع دول أخرى يوجد فيها الفيرس ، ومصر ، والسودان ، والهند ، والأردن) لنقل الفيرس من مختلف الأنواع البرية – خاصة الأنواع L. peruvianum ، و L. hirsutum ، و L. pimpinelli-folium إلي الطماطم . وقدنتج عن برامج التربية الهولندية والفرنسية أصنافاً على درجة عالية من القدرة على تحمل الإصابة مثل E437 (أوفيونا Fiona) ، وتركوزا تى واى١ Turquesa TY 1 ، وتركزاتى واى ٢ وجميعها من الهجن . ويجرى برنامج آخر للتربية تابع للسوق الأوروبية المشتركة بالتعاون مع عدة دول (منها : مصر ، والسودان ، ولبنان ، وقبرص، ومالى ، والسنغال) ، ويرأسه H.Laterrot (١٩٩٠) . نتج من هذا البرنامج – إلى الآن – ثلاث سلالات تتحمل الإصابة بالفيرس بدرجات متفاوته ، وتستخدم لأغراض التربية للمقاومة، وهى :

١ – LATYLC : حصلت هذه السلالة على صفة القدرة على تحمل الإصابة بالفيرس من السلالة LA 121 للنوع البرى L. pimpinellifolium بعد تلقيحين رجعيين إلى الطماطم ، وخمس دورات من الانتخاب للمقاومة فى لبنان ، خلال الفترة من ١٩٧٦ إلى ١٩٨٢ (Laterrot & Makkouk ١٩٨٣) .

٢ – PIMHIRTYLC : حصلت هذه السلالة على صفة القدرة على تحمل الإصابة بالفيرس من السلالة Hirsute L. pimpinellifolium بعد تلقيحين رجعيين إلى الطماطم .

٣ – PERTYLC : حصلت هذه السلالة على صفة القدرة على تحمل الإصابة بالفيرس من السلالة CMV sel I.N.R.A. للنوع L. peruvianum بعد تلقيحين رجعيين إلى الطماطم .

اتبعت عدة طرق لتقييم النباتات – لتحديد مدى مقاومتها أو قدرتها على تحمل الإصابة بالفيرس – كمايلى :

١ – اعتمد معظم الباحثين على أعراض الإصابة ، حيث تقسم النباتات – حسب شدة إصابتها – على مقياس وصفى ، يتراوح – عادة – من صفر (حيث لاتوجد أية أعراض

للإصابة) إلى ٤ أو ٥ (حيث توجد أشد أعراض الإصابة) ، وتكون بقية درجات المقياس للأعراض الطفيفة والوسطية .

٢ – أجريت اختبارات التقييم فى المركز الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر بتطعيم النباتات التى يراد تقييمها على نباتات مصابة بالفيرس . وللكشف عن وجود الفيرس فى الطعوم .. فإنها تطعم على نباتات N. benthamina خالية من الفيرس ؛ وهو عائل تظهر عليه أعراض الإصابة بسرعة (AVRDC ١٩٨٧) . ويعيب طريقة التقييم هذه أنها ليست الطريقة التى تصاب بها النباتات – طبيعياً – تحت ظروف الحقل ؛ وعليه .. فإنها تَسْتَبْعد – تلقائياً – أى احتمال للعثور على تراكيب وراثية مقاومة للإصابة بالـ عن طريق الذبابة البيضاء ، ولايظهر معها إلا طرازان من النباتات ، هما :

أ – النباتات المقاومة تماما لتكاثر الفيرس فيها .

ب – النباتات التى تتحمل الإصابة بالفيرس ؛ فلا تظهر عليها أية أعراض ، أو تظهر عليها أعراض طفيفة .

يستفاد مما تقدم أن طريقة التطعيم لا يمكن الاعتماد عليها إلا فى الكشف عن وجود الفيرس فى النباتات المختبرة ، وأن العدوى بالفيرس يجب أن تتم بطريق الذبابة البيضاء . وتأكيداً لذلك .. أوضح El-Hammady وآخرون (١٩٧٦) أن نباتات النوع L. peruvianum لا تظهر عليها أية أعراض للإصابة عند محاولة إصابتها عن طريق الذبابة البيضاء التى هى الوسيلة الوحيدة لنقل الفيرس فى الظروف الطبيعية ، إلا أن الفيرس انتقل إلى هذا النوع بالتطعيم . ومع ذلك .. فقد كان انتقال الفيرس بطيئاً واستغرق أكثر من شهرين لظهور الأعراض التى كانت طفيفة جداً ، وعلى صورة تجعد طفيف جداً بالوريقات ، دون أن يكون ذلك مصاحباً بأى اصفرار أو نقص فى حجم النبات . وقد أكد ذلك Mazyad وآخرون (١٩٨٢) الذين أمكنهم إصابة السلالة CMV sel I.N.R.A. من النوع L. peruvianum بطريق التطعيم ، غير أنها ظلت خالية من أية أعراض للإصابة . وقد تأكد احتواؤها على الفيرس باختبارات التطعيم على نباتات طماطم سليمة . وجدير بالذكر أن هذه السلالة ظلت معرضة للعدوى الطبيعية بالذبابة البيضاء لمدة عام كامل دون أن تصاب بالفيرس .

٣ – اتبعت كذلك طريقة الـ Squash - Blot Method فى الكشف عن وجود الفيرس فى النباتات المختبرة . توضع نقطة من العصير الخلوى لأى نسيج نباتى (أو حتى لأنسجة حشرة الذبابة البيضاء) على غشاء من النايلون nylon membrane . يكشف عن وجود الفيرس فى هذه النقطة بواسطة DNA probe خاص لهذا الغرض (Czosnek وآخرون ١٩٨٨ ، و Navot وآخرون ١٩٨٩) .

٤ – تمكن Marco (١٩٧٥) من تقدير درجة القدرة على تحمل الإصابة مبكراً – وبصورة كمية – بتقدير محتوى الأوراق من الكلوروفيل . وقد طبق الباحث هذه الطريقة على نباتات السلالة LA 121 من L. pimpinellifolium ، والصنف بيرسون Pearson ، ونباتات الجيلين الأول والثانى للتلقيح بينهما ؛ فوجد أن محتوى الأوراق من الكلوروفيل كان أعلى فى السلالة البرية مما فى الطماطم ، بينما كانت نباتات الجيل الأول وسطاً بينهما . وقد أظهرت الدراسة أن الإصابة بالفيرس أدت إلى نقص محتوى الأوراق إلى ٨٢ ٪ ، و٧٢ ٪ ، و ٥٩ ٪ بالنسبة المحتوى الطبيعى لأوراق النباتات السليمة فى السلالة البرية ، والجيل الأول ، والصنف بيرسون على التوالى . كما كانت درجات المقاومة المقدرة – عينياً – فى نباتات الجيل الثانى مرتبطة إيجابياً مع محتواها من الكلوروفيل .

وكما سبق أن أوضحنا .. فإن مقاومة تكاثر الفيرس داخل النبات إذا نقل إليه بطريق التطعيم ، والقدرة على تحمل الإصابة بالفيرس – إذا نقل إليه بأية طريقة كانت – هما وسيلتان لمقاومة النبات للفيرس . كما يمكن للنبات مقاومة الفيرس بوسيلتين أخريين ؛ هما المقاومة للإصابة الطبيعية بالفيرس عن طريق الذبابة البيضاء ، والمقاومة للذبابة البيضاء ذاتها .

وتحتل المقاومة للإصابة بالفيرس بطريق الذبابة البيضاء الجانب الأكبر من جهود الباحثين حاليا . كما يولى البعض أهمية خاصة لمقاومة الذبابة البيضاء ذاتها . فقد وجد Kisha (١٩٨١) اختلافات بين أربعة أصناف من الطماطم فى كثافة الشعيرات الغدية على السطح العلوى للأوراق ؛ حيث كانت الشعيرات فى الأصناف أيس ، وسترين بى ، ومنى ميكر أكثر كثافة مما فى الصنف مارجلوب . وقد أحدثت هذه الشعيرات تقييداً لحركة الذبابة البيضاء Bemisia tabaci ، وكان ذلك التأثير أقوى ما يمكن في الصنف سترين بى.

كما وجد Berlinger وآخرون (١٩٨٣) المقاومة لنفس نوع الذبابة فى بعض السلالات البرية للجنسين Lycopersicon ، و Solanum . كانت هذه المقاومة كمية ، وأرجعت إلى عديد من المسببات ؛ منها : الـ pH ، ومحتوى النبات من المركبات الثانوية ، والإفرازات النباتية اللزجة التى ربما كانت سامة للحشرة . كذلك اكتشف Ponti وآخرون (١٩٨٣) المقاومة لنوع الذبابة البيضاء Trialeurodes vaporariorum (وهى ليست ناقلة لفيرس اصفرار والتفاف أوراق الطماطم) فى النوعين البريين L. hirutum ، و L. pennellii ، بينما لم يعثروا على المقاومة للحشرة فى أى من أصناف الطماطم التجارية المختبرة . كما ذُكِرَ (عن Ponti & Steenhius ١٩٨٤ ، و Van Gelder & De Ponti ١٩٨٧) أن النوعين L. pennellii ، و L. hirsutum f. glabratum مقاومان لكل من نوعى الذبابة T. vaporariourm ، و B. tabaci .

تفيد مقاومة الحشرة الناقلة فى الحد من تكاثرها فى حقول الطماطم ، وبذا .. فإنها تحد من انتشار الإصابة بالفيرس . هذا إلا أن هذا النوع من المقاومة لا يمنع الإصابة كلية ؛ لأنه تكفى أن تتغذى ثلاث حشرات فقط حاملة للفيرس على نبات سليم ؛ لكى تنقل إليه الفيرس (Cohen & Nitzany ١٩٦٦) .

التربية لمقاومة فيرس تبرقش الخيار

يصيب فيرس تبرقش الخيار cucumber mosaic virus (يكتب اختصاراً : CMV) نباتات الطماطم ، ويُحْدِث بها أعراضاً طفيفة على صورة تبرقش بالأوراق مع صغر فى حجمها . وقد ظهرت سلالة جديدة من الفيرس أطلق عليها اسم CMV satellite RNA ، تحدث أعراضاً شديدة عند إصابتها للطماطم ، وتؤدى إلى موت النباتات فى خلال ١٥ يوماً من الإصابة .

وقد وجد أن أحد سلالات النوع L. peruvianum الناتجة من التهجين :

L. peruvianum (P.I.126926 - A_1 - A_6) x L. peruvianum P.I.128648-6

كانت مقاومة جزئياً لفيرس الخيار ؛ حيث إنه تكاثر بها إلا أن أعراض الإصابة التى ظهرت عليها كانت أقل مما فى النباتات القابلة للإصابة . هذا إلا أن هذه السلالة قابلة للإصابة

بسلالة الفيرس CMVsatellite RNA بنفس درجة قابلية الطماطم للإصابة . كذلك اكتشفت المقاومة الجزئية لفيرس تبرقش الخيار فى النوع S. lycopersicoides ؛ حيث وجد أنه يصاب بالفيرس دون أن تظهر عليه أية أعراض . وتصاب نباتات هذا النوع – أيضاً – بسلالة الفيرس CMV satellite RNA غير أن الأعراض تظهر متأخرة ، وربما لا تؤدى الإصابة إلى موت النباتات كما هى الحال فى الطماطم (Jacquemond & Laterrot ١٩٨١) . ومن المعروف أن النوع S. lycopersicoides يتهجن بسهولة مع الطماطم ، إلا أن نباتات الجيل الأول تكون عقيمة بدرجة عالية .

التربية لمقاومة الأمراض النيماتودية

التربية لمقاومة نيماتودا تعقد الجذور

أولاً : مصادر المقاومة

اختبر Bailey (١٩٤١) ٩٥ صنفاً تجارياً من الطماطم ، و ٤٢٠ سلالة من أنواع مختلفة من الجنس Lycopersicon ، ووجد أن جميع أصناف الطماطم والسلالات المختبرة من : L. esculentum ، و L. glandulosum ، و L. hirsutum ، و L. pimpinellifolium

كانت قابلة للإصابة ؛ إلا أنه وجدت المقاومة بدرجة عالية فى ١١ سلالة من النوع L. peruvianum من بين ٢٥ سلالة اختبرها الباحث من هذا النوع . كذلك وجد Alexander (١٩٥٩) المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور فى السلالة P.I.212407 من L. peruvianum .

وفى عام ١٩٤٤ .. قام P.G. Smith فى جامعة كاليفورنيا بإجراء التهجين الصعب :

L. esculentum cv.Michigan State Forcing x L. peruvianum P.I. 128657 ، واستعان ببيئة صناعية لزراعة الأجنة الناتجة من التهجين ، وهى فى مرحلة مبكرة من نموها – لتجنب اندثارها ، وهو الأمر الذى يحدث إذا تركت الأجنة فى النسيج الأمى لثمار الطماطم . وقد حصل V.M. Watts بولاية أركنساه Arkansas على عقل من نباتات الجيل الأول لهذا الهجين النوعى ، واستخدمها فى إنتاج أول وثانى تلقيح رجعى إلى الطماطم ، مع استعمال الطماطم كأم ، ونشرت دراسته فى عام ١٩٤٧ . أرسلت أنسال

التلقيح الرجعى الثانى إلى محطة التجارب الزراعية فى هاواى ؛ حيث أجرى Frazier & Dennett تلقيحات رجعية إضافية إلى الطماطم ، ونشرت دراستهما فى عام ١٩٤٧ .

استمر برنامج التربية لمقاومة نيماتودا تعقد الجذور بعد ذلك بواسطة كل من Gilbert ومعاونيه فى هاواى ، و Smith فى كاليفورنيا مستخدمين السلالات التى أنتجها Frazier . ومع استمرار التلقيحات الرجعية وانتخاب النسب فى برنامجين مستقلين .. أنتج فى كاليفورنيا الصنف VFN 8 (واسمه الأصلى VFN 36-8) كأول صنف مقاوم للنيماتودا ، وتبعه - فى هاواى - الصنف أناهُوْ Anahu ، وعدد من السلالات الأخرى المقاومة . ترجع المقاومة فى كلا الصنفين إلى نبات واحد من نباتات الجيل الثانى للتلقيح النوعى الذى أجراه P.G. Smith ؛ وترجع إلى هذين الصنفين جميع مصادر المقاومة الحالية لنيماتودا تعقد الجذور فى أصناف الطماطم التجارية ؛ وعليه .. فإن المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور التى تتوفر -حاليا - فى عشرات من أصناف الطماطم التجارية ترجع - فى الأصل - إلى سلالة برية واحدة من النوع L. peruvianum هى : P.I.128657 (عن Hawaii Agr. Exp. Sta. ، ١٩٥٨ ، و Medina Filho & Stevens ، ١٩٨٠) .

تتوفر المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور - فى الوقت الحاضر - فى عديد من الأصناف التجارية ؛ بعضها صادقة التربية ، وأكثرها من الهجن . وقد أعطى Hadisoeganda & Sasser (١٩٨٢) بياناً بنتائج اختبار ٥٠ صنفاً من تلك المعروفة بمقاومتها لنيماتودا تعقد الجذور . كانت أغلب هذه الأصناف مقاومة لأنواع النيماتودا Meloidogyne incognita ، و M. javanica ، و M. arenaria ؛ إلا أن جميعها كانت قابلة للإصابة بالنوع M. hapla. كما قام Hassan وآخرون (١٩٨٠) ، و Desouki وآخرون (١٩٨٢) باختبار نحو ٤٠ صنفاً وسلالة من الطماطم المعروفة بمقاومتها لنيماتودا تعقد الجذور ، ووجدوا أن جميعها كانت مقاومة - تحت الظروف المصرية - لكل من M. incognita ، و M. javanica .

هذا . وقد تمكن Riggs & Winstead (١٩٥٩ أ) من إنتاج سلالات جديدة من النيماتودا قادرة على كسر المقاومة التى يوفرها الجين Mi . وقد وجد الباحثان أن عدوى النباتات المقاومة - بأى من ثلاثة أنواع مختلفة من النيماتودا - تؤدى إلى تكوّن أعداد قليلة من الثآليل الصغيرة على جذور النباتات ؛ وبإكثار النيماتودا التى كانت فى هذه الثآليل ..

تمكن الباحثان – في غضون ثلاثة أجيال نيماتودية – من الحصول على عشائر جديدة من كل نوع من أنواع النيماتودا الثلاثة ، كانت قادرة على إصابة النباتات الحاملة للجين Mi، في حين أن العشائر الأصلية للنيماتودا لم يكن لديها تلك القدرة . هذا .. إلا أنه يبدو أن سلالات كهذه لاتتكون فى الظروف الطبيعية ؛ حيث لم تظهر سلالة واحدة من أى نوع من أنواع النيماتودا الثلاثة استطاعت كسر مقاومة الجين Mi منذ إدخاله فى الأصناف المقاومة وإلى وقتنا الحاضر .

ثانيا : وراثة المقاومة

أجريت عديد من الدراسات على وراثة المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور المتحصل عليها من L. peruvianum . ففى عام ١٩٤٦ وجد McFarlane وآخرون أن هذه المقاومة سائدة (عن Hawaii Agr. Exp. Sta. ١٩٥٨) . وفى العام التالى .. توصل Watts (١٩٤٧) إلى أن المقاومة للنوع M. incognita يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية السائدة . وفى عام ١٩٤٩ ذكر Frazier & Dunett أن المقاومة يتحكم فيها زوج واحد أو زوجان من العوامل السائدة (عن Medina - Filho & Stevens ١٩٨٠) . وقد تلا ذلك توصل Gilbert (١٩٥٦) ، و Gilbert & McGuire (١٩٥٦) إلى أن مقاومة نيماتودا تعقد الجذور يتحكم فيها زوج واحد سائد يوجد بالكروموسوم الرابع ، وقد أعطى هذا الجين الرمز Mi . وفى نفس العام توصل Barham & Sasser إلى نتائج مماثلة ؛ حيث ذكرا أن المقاومة لكل من M. incognita ، و M. incogita acrita ، و M. javanica ، و M. arenaria يتحكم فيها جين واحد سائد . إلا أن Barham & Winstead (١٩٥٧) عادا وأكدا أن المقاومة لهذه الأنواع من النيماتودا يتحكم فيها جين واحد ذو سيادة غير تامة . وفى نفس الوقت أكد Thompson & Smith (١٩٥٧) وجود جين واحد سائد يتحكم فى المقاومة للنيماتودا M. incognita acrita ، وربما – أيضاً – للنوع M. javanica ، واستبعدا – كلياً – أن يتحكم فى المقاومة زوجان من الجينات .

ولقد تأكدت نتائج الدراسات السابقة بدراسات أخرى حديثة نسبياً ؛ فلقد وجد Singh وآخرون (١٩٧٤) أن المقاومة فى كل من الأصناف VFN 8 ، و Nematex يتحكم فيها جين واحد سائد . وأكد Hernardez وآخرون (١٩٦٥) أن المقاومة للنيماتودا M. incognita

يتحكم فيها جين واحد سائد . كذلك وجد Kallo & Bhatti (١٩٧٨) أن المقاومة لكل من M. incognita ، و M. javanica يتحكم فيها جين واحد سائد .

هذا .. ومن المتفق عليه الآن أن المقاومة المتحصل عليها من التلقيح الأصلى مع L. peruvianum يتحكم فيها جين سائد يقع فى المنطقة 35 cM من الكروموسوم السادس (وليس الرابع كما ذكر سابقاً) ، ويأخذ هذا الجين الرمز Mi ؛ نسبة إلى نوع النيماتودا M. incognita ، الذى استخدم فى الاختبار الأصلى للمقاومة بواسطة Gilbert & McGuire (١٩٥٥) ، وأن هذا الجين يتحكم فى المقاومة لكل نوع من الأنواع M. incognita ، و M. javanica ، و M. arenaria ، إلا أنه لا يكسب النباتات مقاومة للنوع M. hapla (عن Medina Filho & Stevens ١٩٨٠) . وقد وجد Kerr وآخرون (١٩٨٠) أن الجينين Mi ، و Cf-2 (الذى يتحكم فى المقاومة لفطر Cladosporum) يقعان عند الموقعين ٣٥ ، و ٤٣ على التوالى بالذراع الطويلة للكروموسوم السادس .

وبالرغم من كل ماتقدم بيانه – من دراسات يؤكد بعضها بعضا – بخصوص وراثة المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور فى الطماطم .. فقد توصل آخرون إلى نظام مختلف – كلية – لوراثة المقاومة . ففى عام ١٩٧٣ توصل Sidhu & Webster إلى أن مقاومة نيماتودا تعقد الجذور فى الطماطم يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية السائدة ، وزوج ثالث متنح ، ورمزاً إلى هذه الجينات بالرموز : $LMi\ R_1$ ، و $LMi\ R_2$ ، و $Lmir_3$. وقد أوضحا أن الجين LMiR1 – الذى يوجد فى الصنف Nematex – يرتبط بشدة بالجين $LMiR_2$ ، الذى يوجد فى الصنف Small Fry 1 ؛ حيث قدرت المسافة بينهما بنحو ٠٫٦٥ وحدة عبور. كما بين الباحثان أن الجين Mi – الذى يوجد فى الصنف Anahu – إما أن يكون هو ذاته الجين $LMiR_1$ ، وإما أن يكون أليلاً له فى نفس الموقع . هذا .. إلا أنهما لم يتوصلا إلى أية علاقة تربط بين الجين $LMir_3$ – الذى يوجد فى الصنف Cold Set 1 – وجينات المقاومة الأخرى ؛ وعللا ذلك باحتمال وجود عوامل ستوبلازمية ، أو بتأثير درجة الحرارة فى فاعلية هذا الجين .

وفى دراسة أخرى .. اكتشف الباحثان أليلاً آخر للجين $LMiR_1$ هو $LMi\ R_{11}$ ، وذكرا

أنه المسئول عن المقاومة الجزئية للنيماتودا فى الصنف Rutgers ، ولم يستبعدا أن يكون هذا الأليل مماثلاً للأليل الأصلى $LMiR_1$ ، مع اختلاف تأثيره فى الخلفيات الوراثية المختلفة (عن Sidhu & Webster ١٩٨١) . ومن ناحية أخرى لقح Fatunla & Salu (١٩٧٧) الصنف Ife 1 القابل للإصابة مع الصنفين المقاومين Rossol ، و Nematex ، واستدلا من دراستهما على أن المقاومة - فى كل منهما - يتحكم فيها جين واحد . وبتلقيح الصنفين المقاومين معاً .. انعزلت فى الجيل الثانى نباتات قابلة للإصابة بنسبة $\frac{١}{١٦}$ .. ، واستنتجا من ذلك اختلاف الجين المسئول عن المقاومة فى الصنفين .

ثالثاً : طرق التقييم للمقاومة

تعتمد طرق التقييم الشائعة لمقاومة نيماتودا تعقد الجذور على الفحص المباشر للجذور المصابة فى النباتات الصغيرة النامية فى تربة ملوثة - بشدة - بالنيماتودا . تزرع البذور فى التربة المصابة مباشرة ، أو قد تزرع أولا فى تربة معقمة ، ثم تشتل النباتات الصغيرة فى التربة المصابة .

ويلزم - لكى يكون التقييم دقيقاً - أن يتضمن الاختبار أصنافاً معروفة بمقاومتها ، وأخرى تعرف بقابليتها للإصابة لمقارنة الأصناف المختبرة بها . ويظهر فى غضون ٣ - ٨ أسابيع من بدء الاختبار (حسب درجة الحرارة) عدد كبير من العقد على جذور النباتات القابلة للإصابة ، بينما تكون جذور النباتات المقاومة خالية من تلك الأعراض . تقلع النباتات حين التأكد من ظهور الإصابة على نباتات المقارنة القابلة للإصابة ، وتغسل جذورها ، ثم تفحص ، وتقسم إلى درجات حسب شدة الإصابة . تكون النباتات الأصيلة فى صفة المقاومة خالية - غالباً - من أية أعراض ، بينما قد تظهر عقد قليلة الحجم والعدد على جذور النباتات الخليطة فى صفة المقاومة . أما النباتات القابلة للإصابة .. فتظهر بجذورها عقد أكثر عددا وأكبر حجما .

وتُحدث العدوى بنيماتودا تعقد الجذور - عادة - إما بخلط تربة الزراعة بكمية من الجذور المصابة بعد تقطيعها إلى أجزاء صغيرة (Abdel - Al & Hassan ١٩٦٥) ، وإما بإضافة عدد معلوم من بيض ويرقات النيماتودا لكل إناء (أصيص أو حوض زراعة) من تلك المستخدمة فى الزراعة (Hassan وآخرون ١٩٨٠) .

ومن الأهمية بمكان التحكم فى درجة الحرارة التى يجرى عليها الاختبار ؛ لما لذلك من تأثير فى شدة الإصابة . وتتراوح أفضل درجة حرارة لذلك من ٢٢ – ٢٥°م ؛ ففى هذا المجال الحرارى تظهر أعراض الإصابة فى غضون ٤-٦ أسابيع . وتطول المدة عن ذلك بانخفاض درجة الحرارة عن ٢٢°م إلى أن تتوقف الإصابة تماماً فى حرارة ١٠ – ١٢°م ، كما تقصر المدة عن ذلك بارتفاع درجة الحرارة عن ٢٥°م . إلا أن ارتفاعها إلى درجة حرارة ثابتة مقدارها ٣٠°م ، أو أعلى من ذلك يؤدى إلى كسر المقاومة وإصابة النباتات المقاومة والقابلة للإصابة على حد سواء (Holtzman ١٩٦٥) .

وقد حدث تقدم كبير فى طريقة التقييم لنيماتودا تعقد الجذور فى الطماطم بعد أن قام Rick & Fobes عام ١٩٧٤ بدراسة الإنزيمات المتشابة isoenzymes التى توجد فى الطماطم ، وفصلها بطريقة الـ starch gel electrophoresis .

وقد تبين لهما أن صنف الطماطم VFN 8 وخمسة أصناف أخرى مقاومة لنيماتودا تعقد الجذور – تختلف عن بقية الأصناف المختبرة – التى كانت قابلة للإصابة بالنيماتودا – فى الأيزو إنزيمات 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 معروفاً 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 ++ ، و +1 ، و 11 بنسبة ١٦ : ١٩ : ١٠ على التوالى ، وكانت النباتات ذات التركيب الوراثى ++ وحدها هى القابلة للإصابة بالنيماتودا ؛ لذا .. افتُرِضَ وجود علاقة بين الآليل $Aps\text{-}1^{1}$ والمقاومة ؛ مردها إما إلى وجود تأثير متعدد للجين ، وإما لوجود ارتباط وثيق بين هذا الجين و الجين المسئول عن المقاومة . ولكن استبعد الاحتمال الأول (أن يكون الآليل $Aps\text{-}1^{1}$ ذا تأثير متعدد) بعد اكتشاف وجود الآليل $Aps\text{-}1^{+}$ فى بعض النباتات المقاومة ؛ وبذا .. تأكد أن العلاقة ليست سوى ارتباط وثيق بين الجين $Aps\text{-}1^{1}$ ، والجين Mi المسئول عن المقاومة للنيماتودا .

وتدل المشاهدات على أن هذا الارتباط لابد أن يكون وثيقاً ؛ لأن الجينين انتقلا معاً من النوع البرى L. peruvianum إلى الصنف VFN 8 ، ثم إلى الأصناف الأخرى المقاومة

للنيماتودا التى أنتجت بعده ، برغم إجراء عديد من التلقيحات الرجعية . إلا أن الجين Aps-1^{1} لا يوجد إلا فى الأصناف التى حصلت على مقاومتها من الصنف VFN 8، بينما يوجد الجين APS-1^{+} فى الصنف 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 (و تركيبه 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 المقاومة Mi ، والجين Aps-1 .. فإن النباتات – التى تستخدم كمصدر للمقاومة – يجب أن يكون تركيبها الوراثى Aps-1^{1} Aps-1^{1} . يتوفر هذا التركيب الوراثى فى الصنف VFN 8 ، والأصناف الأخرى التى حصلت على مقاومتها منه . يجرى التقييم بسهولة كبيرة ؛ بالاستعانة بطريقة الفصل الكهربائى electrophoresis التى يمكن بواسطتها تمييز التراكيب الوراثية Aps-1^{1} Aps-1^{1} ، و Aps-1^{1} Aps-1^{+} ، و Aps-1^{+} Aps-1^{+} عن بعضها البعض ، وهى التى تكون – على التوالى – مقاومة أصيلة ، ومقاومة خليطة ، وقابلة للإصابة أصيلة ؛ بسبب الارتباط الشديد بين الجينين Mi ، و Aps-1^{1} (شكل ٤-٢) . يستخدم للاختبار أى جزء من أنسجة النباتات المختبرة ، وإن كان التقييم يجرى – عادة – على بادرات عمرها ثلاثة أسابيع . يعمل الفصل الكهربائى على تمييز الأيزو إنزيمات isozymes التى يتحكم فى إنتاجها الأليلان Aps-1^{1} ، و Aps-1^{+} .

تتميز هذه الطريقة – لتقييم نيماتودا تعقد الجذور – بمايلى :

١ – التوفير فى الوقت والجهد .

٢ – لا يلزم إجراء اختبار النسل للتمييز بين النباتات المقاومة الأصيلة والمقاومة الخليطة؛ نظراً لأن الاختبار يميز بينهما مباشرة .

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

٤ – يمكن تقييم النباتات للمقاومة فى أى وقت ، وفى أية مرحلة للنمو من بداية الإنبات

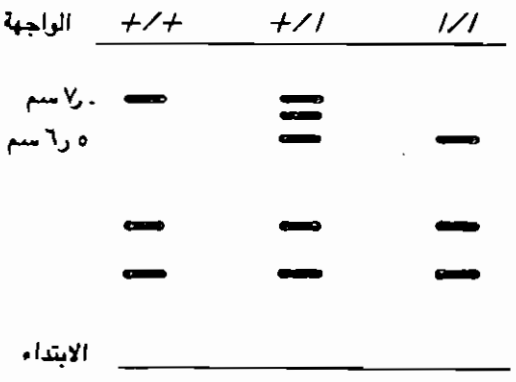
وحتى الحصاد . كما يمكن إجراء التقييم على عينات الأوراق المجمدة ، وعلى المتوك الجافة للنباتات التى تؤخذ منها البذور .

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

٦ – يمكن لشخص واحد تقييم نحو ١٤٠ نباتاً يومياً .

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

التركيب الوراثى للموقع الجينى *Aps - 1*



شكل (٤ – ٢) : طرز الـ banding عند الفصل الكهربائى electrophoresis للتراكيب الوراثية الأصيلة والخليطة فى موقع الـ Aps-1 . الواجهة على مسافة ٥ر٨ سم . مسافة الارتحال مبينة على اليسار . النطاقان (الشريطان) السفليان خاصان بمواقع جينية أخرى (عن Medina Filho & Stevens ١٩٨٠) .

هذا .. ويعطى Medina Filho & Stevens (١٩٨٠) التفاصيل العملية لتقييم مقاومة

النيماتودا بهذه الطريقة ، مع استعمال الـ starch gel electrophoresis .

رابعاً : طبيعة المقاومة

وجد Riggs & Winstead (١٩٥٩) أن يرقات النيماتودا يمكنها اختراق جذور النباتات المقاومة ، إلا أن الخلايا المصابة سريعاً ما تموت لفرط حساسيتها ؛ وبذا .. تجد اليرقة نفسها محاطة بنسيج متحلل ؛ فلا تلبث أن تموت هى الأخرى . ويبدو أن حالة فرط الحساسية – هذه – تنشأ تحت تأثير السموم التى تفرزها النيماتودا (Barham & Win-stead ١٩٥٧) . وتكون النتيجة النهائية لحالة فرط الحساسية عدم قدرة النيماتودا على النشاط والنمو لانحصارها داخل خلايا متحللة (Hung &Rohde ١٩٧٣) .

وبمقارنة الجذور بمقاومة السويقة الجنينية العليا فى الصنف Nematex عند درجة حرارة ٢٨ – ٣٣°م (وهو المدى الذى تفقد فيه النباتات المقاومة مقاومتها وتصاب بالنيماتودا) .. وجد Dropkin (١٩٦٩) أن مقاومة السويقة الجنينية العليا كانت أعلى بكثير من مقاومة الجذور ؛ حيث لم يخترقها سوى ٨ – ١٥٪ من اليرقات ، ولم ينمُ بداخلها سوى عدد قليل منها .

وقد وجدت علاقة مباشرة بين المقاومة للنيماتودا M. incognita ومحتوى جذور النباتات من مركب التوماتين tomatine . وتراوح الحد الأدنى اللازم من التوماتين – لكى يكون النبات مقاوماً – من ٣ر٨ – ٦ر١ مجم / جم وزناً جافاً . وتراوح محتوى جذور الأصناف العالية المقاومة من التوماتين من ٩ر١٠ – ٤ر١٢ مجم / جم وزناً جافاً . كذلك كانت الأصناف العالية المقاومة مرتفعة فى نشاط إنزيمات الكاتاليز Catalase ، و والبيروكسيديز Peroxi-dase ، والبولى فينول أوكسيديز polyphenoloxidase ، وهى الإنزيمات التى يعتقد أن لها دوراً في تمثيل التوماتين (Okopnyi & Sadykin ١٩٧٧) .

وتأكيداً لذلك .. وجد Cantliffe (١٩٨١) تناسباً طردياً بين درجة مقاومة النيماتودا ومحتوى النبات من الفينولات ؛ فكان أعلى مستوى من الفينولات فى صنف من الطماطم وسلالة من L. peruvianum المنيعتين ضد الإصابة بالنيماتودا ، ثم تدرج مستوى الفينولات بالنقصان فى أصناف الطماطم المقاومة ؛ فالأصناف التى تتحمل الإصابة ،

فالأصناف القابلة للإصابة . كما توصل Wehner & Gritton (١٩٨١) إلى أن حامض الكلوروجنيك Chlorogenic acid – الذى يعد من أهم المركبات الفينولية التى توجد طبيعياً فى جذور الطماطم – يتركز فى الإندوبرمز . وقد كان أعلى تركيز له فى الصنف المقاوم نيمارد Nemared ، ثم فى الصنف المتوسط المقاومة Hawaii 7153 ، ثم السلالة القابلة للإصابة B5 .

كذلك وجد Gangully & Dasgupta (١٩٨٠) زيادة فى نشاط إنزيمى الـ peroxidase، و الـ IAA - oxidase عقب العدوى بالنيماتودا ، وكانت الزيادة فى الصنف المقاوم SL20 أكبر مما فى الصنف القابل للإصابة Pusa Ruby .

وقد أجريت – أيضاً – دراسات على علاقة المقاومة للنيماتودا بمنظمات النمو ، فوجد Dropkin وآخرون (١٩٦٩) أن معاملة نباتات الطماطم من الصنف المقاوم Nematex بالكاينتين وبعض السيتوكينينات الأخرى أفقدها المقاومة للنيماتودا M. incognita acrita، وصاحب ذلك فقدها – أيضاً – لخاصية فرط الحساسية المسئولة عن المقاومة .

كما توصل Staden & Dinalla (١٩٧٧) إلى أن الجذور السليمة من نباتات الطماطم القابلة للإصابة تحتوى على كميات من السيتوكينينات الطبيعية أكبر من الجذور السليمة للنباتات المقاومة ، ويزداد محتوى الجذور من السيتوكينينات – فى كلاً الصنفين – عند عدواها بالنيماتودا ، وهو ما يعضد الرأى القائل بأن السيتوكينينات ربما كانت أحد العوامل الهامة التى تتحكم فى تكوين الخلايا العملاقة giant cells ، التى يعد وجودها ضرورياً لتطفل النيماتودا .

خامساً : تأثير درجة الحرارة على المقاومة

أوضح الكثيرون أن المقاومة الوراثية لنيماتودا تعقد الجذور فى الطماطم تفقد فى درجات الحرارة العالية ، فوجد Holtzman (١٩٦٥) أن النباتات التى انتخبت للمقاومة فى درجة حرارة أقل من ٣٠°م كانت قابلة للإصابة فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك . كما درس Dropkin (١٩٦٩) تأثير درجة الحرارة على مقاومة الصنف Nematex ، ووجد أن نسبة يرقات النيماتودا التى اخترقت الجذور كانت ٢ ٪ فقط فى درجتى ٢٥ ، و ٢٨°م ، وأن

٩٠ ٪ من اليرقات التى اخترقت الجذور أحيطت بخلايا متحللة خلال ساعات قليلة من اختراقها للجذر ؛ نتيجة فرط حساسية العائل إزاءها ، بينما ازدادت نسبة اليرقات التى اخترقت الجذور فى درجة ٣٣°م إلى ٨٧٪ ، وانخفضت بشدة نسبة اليرقات التى أحيطت بخلايا متحللة عقب اختراقها للجذور . وقد حصل الباحث على هذه النتيجة مع كل من ثلاثة أنواع من النيماتودا استخدمها فى الدراسة ، وهى M. javanica ، و M. incognita acrita ، و M. arenaria thamesi . وبالمقارنة .. فلم يكن لدرجة الحرارة أية تأثيرات على نسبة اليرقات التى أمكنها الاستمرار فى النمو بعد اختراق جذور الصنف القابل للإصابة إنتربرايز Enterprise ؛ حيث كانت هذه النسبة ٧٧ ٪ فى حرارة ٢٥°م ، و ٧٥ ٪ فى حرارة ٢٨°م ، و ٨١ ٪ فى حرارة ٣٢°م .

وتتحدد المقاومة أو القابلية للإصابة بنيماتودا تعقد الجذور خلال الـ ٢٤ – ٤٨ ساعة الأولى من اختر اق اليرقات للجذور ، ولا يكون لدرجة الحرارة تأثير فى المقاومة بعد ذلك . يتبين ذلك من نتائج دراسة أجريت على نباتات الصنف المقاوم نيماتكس Nematex ، وهذه النتائج هى :

أ – بتعريض النباتات ليرقات النيماتودا لمدة خمسة أيام فى درجة حرارة ٢٨°م لم يستمر نمو أى من اليرقات التى اخترقت الجذور .

ب – بتعريض النباتات ليرقات النيماتودا المدة يوم واحد فى درجة حرارة ٢٨°م ، ثم لمدة أربعة أيام في حرارة ٣٢°م .. فإن ٣٠٪ من اليرقات التى اخترقت الجذور فى اليوم الأول أمكنها النمو خلال الأيام التالية .

جـ – بتعريض النباتات ليرقات النيماتودا لمدة يوم واحد فى حرارة ٣٢°م ، ثم لمدة أربعة أيام – فى غياب النيماتودا – فى حرارة ٢٨°م .. فإن ٣٣ ٪ من اليرقات التى اخترقت الجذور فى اليوم الأول أمكنها النمو فى الأيام التالية .

د – بتعريض النباتات ليرقات النيماتودا لمدة يومين فى حرارة ٣٢°م ، ثم لمدة ثلاثة أيام – فى غياب النيماتودا – فى حرارة ٢٨°م .. فإن ٥٠ ٪ من اليرقات التى اخترقت الجذور خلال اليومين الأول والثانى أمكنها النمو فى الأيام التالية .

هـ - بتعريض النباتات للنيماتودا لمدة ٢ - ٣ أيام فى حرارة ٣٢°م ، ثم لمدة شهر - فى غياب النيماتودا - فى حرارة ٢٧°م .. تكونت ثآليل كثيرة ، وظهر جيل جديد من بيض النيماتودا .

وقد أوضحت دراسة لاحقة(Brueske & Dropkin ١٩٧٣) وجود ارتباط بين درجة الحرارة ومحتوى الجذور من الفينولات الحرة فى الصنف المقاوم Nematex ؛ ففى حرارة ٢٧°م (وهى الدرجة التى تحتفظ فيها النباتات المقاومة للنيماتودا بمقاومتها) تتكون مناطق بنية متحللة فى مواضع اختراق اليرقات للجذور ، بينما يقل ذلك التحلل بشدة - وربما لا يحدث - فى حرارة ٣٢°م (وهى الدرجة التى تفقد فيها المقاومة) . وتبين لدى مقارنة الفينولات فى جذور بادرات عرضت أو لم تعرض للنيماتودا فى درجتى حرارة ٢٧°م ، و٣٢°م أن مستوى الفينولات الحرة انخفض بشدة فى حرارة ٢٧°م ، وكان الانخفاض فى البادرات التى تعرضت للنيماتودا بدرجة أكبر مما فى البادرات السليمة . أما فى حرارة ٣٢°م .. فإن النقص فى محتوى الجذور من الفينولات الحرة كان أكثر تأثراً بهذا الارتفاع فى درجة الحرارة منه بالإصابة . كما لوحظت زيادة فى نشاط إنزيم الفينوليز Phenolase فى كل من الجذور المقاومة المعدية بالنيماتودا فى حرارة ٢٧°م ، والجذور القابلة للإصابة المعدية وغير المعدية فى حرارة ٣٢°م ، بينما لم تحدث أية زيادة فى نشاط الإنزيم فى الجذور المقاومة غير المعدية في حرارة ٢٧°م .

ويذكر Ammati وآخرون (١٩٨٥ ، و ١٩٨٦) أن السلالة P.I.128657 من النوع L. peruvianum فى المصدر الأصلى للجين Mi المسئول عن مقاومة كل من M. incognita ، و M. javanica ، و M. arenaria ، وأن هذا الجين قد نقل إلى الصنف VFN 8 ، ثم إلى جميع الأصناف التى اشتقت مقاومتها منه بعد ذلك . وقد وجد الباحثون أن مستوى تكاثر السلالة رقم ١ من نوع النيماتودا M. incognita لم يختلف فى كل من الصنف VFN 8 والسلالة البرية P.I. 128657 - سواء أجرى الاختبار على حرارة ٢٥ ، أم على ٣٢°م - مما يدل على أن الخلفية الوراثية للطماطم لم تؤثر فى المقاومة . كما كانت كل من السلالة البرية والصنف مقاومين للنيماتودا فى حرارة ٢٥°م ، إلا أنهما كانا قابلين للإصابة فى حرارة ٣٢°م . كذلك وجد الباحثون أن السلالة رقم P.I.126443 من النوع L. giandulosum ، والسلالة رقم P.I.270435 من النوع L. peruvianum (وكلتاهما

مقاومة لكل من M. hapla ، و M. incognita) ، والسلالتين رقما P.I.129152 ، و LA 2157 من النوع L. peruvianum (وكلتاهما مقاومتان للنيماتودا M. incognita فقط) كانت – جميعها – على درجة عالية من المقاومة للسلالة رقم ١ من M. incognita فى كل من درجتى الحرارة ٢٥ ، و٣٢°م . كذلك وجد الباحثون أن السلالتين الخضريتين 1-MH ، و5-MH المكثرتين من السلالة P.I. 126440 للنوع L. glandulosum – والمقاومتين للنوع M. hapla كانتا متوسطتىْ القابلية للإصابة بالنوع M. javanica فى درجة حرارة ٢٥°م ، وشديدتىْ القابلية للإصابة فى حرارة ٣٢°م . وتدل هذه النتائج على وجود جين أو جينات أخرى غير الجين Mi ، تكسب النباتات مقاومة للنيماتودا في الحرارة العالية .

التربية لمقاومة النيماتودا الكلوية

تتوفر المقاومة للنيماتودا الكلوية Reinform Nematode بدرجة عالية فى السلالة P.I.375937 للنوع L. pimpinellifolium . كما ذكر – فى مصر – أن الصنف VFN 8 على درجة متوسطة من المقاومة (عن Valdez ١٩٧٩) .

التربية لمقاومة النباتات الزهرية المتطفلة

التربية لمقاومة الهالوك

قام Abu Gharbieh وآخرون (١٩٧٨) فى الأردن باختبار ١٠١ صنف وسلالة من الطماطم لمقاومة نوع الهالوك Orobanche ramosa ، ووجدا أنها – جميعاً – كانت غير مقاومة ، ولا تتحمل الإصابة ، إلا أن ثمانية أصناف منها أظهرت قدراً يسيراً من القدرة على تحمل الإصابة . وكان Avdev & Shcherbinin (١٩٧٥) . قد اختبرا أكثر من ١٠٠ صنف وسلالة من الطماطم والأنواع البرية القريبة ، ووجدا درجة عالية من المقاومة لنوع الهالوك O. aegyptiaca فى سلالة الطماطم 43-1 . كما قيم Hassan & Abdel-Ati (١٩٨٦) – فى مصر – ٢٧ صنفاً تجارياً من الطماطم ، و ٢٤ سلالة من خمسة أنواع برية من الجنس Lycopersicon تحت ظروف الإصابة الطبيعية فى حقل موبوء بشدة بالهالوك . وقد أصيبت بشدة – فى هذه الدراسة - جميع الأصناف والسلالات المختبرة ، فيما عدا السلالة LA 716 من L. pennellii (ولكن لا تعد نتائج هذه السلالة مؤكدة ؛ لأنه لم يتبق

منها للتقييم سوى نبات واحد) هذا .. بينما أظهرت بعض السلالات المختبرة قدرة على تحمل الإصابة الشديدة ، وهى السلالات : LA 386 LA 1361 ، و LA 1363 ، و LA 1777 من النوع L. hirsutum ، و LA 1283 من النوع L. peruvianum ، و LA1256، و LA 1690 من L. pimpinellifolium . وكان قد ظهر بالحقل التجريبى ثلاثة أنواع من الهالوك؛ هى : O. crenata و O. minor و O. ramosa .كذلك اختبر Kasrawi & Abu-Rmaileh (١٩٨٩) ٢٧ سلالة من أربعة أنواع من الجنس Lycopersicon ووجدا أعلى مستويات للمقاومة فى السلالات : LA 372 ، و LA 1333 من L. peruvianum ، و LA1 380 ، و LA 1599 ، و LA 1478 من L. pimpinellifolium ، وLA 1311 ، وLA 1228 ، و LA 1268 من L. esculentum var. cerasiforme .

وفى محاولة لدراسة وراثة المقاومة للهالوك هجّن Avdev & Shcherbinin (١٩٧٥) نباتات على درجة عالية من المقاومة لنوع الهالوك D. aegyptiaca منتخبة من سلالة الطماطم المقاومة 1- 43 مع نباتات قابلة للإصابة ، وتوصلا إلى أن المقاومة سائدة أو سائدة فائقة over - dominant ، ويتحكم فيها من ٢ -٣ أوزاج من الجينات الرئيسية ، و ٢ – ٤ أزواج من الجينات الإضافية ، مع تأثر جينات المقاومة – أحيانا – بجينات أخرى محورة .

التربية لمقاومة الحشرات والاكاروسات

التربية لمقاومة المن

تتوفر المقاومة لمن البطاطس (Macrosiphum euphorbiae) فى بعض السلالات البرية من الجنس Lycopersicon – خاصة فى النوع L. pennellii – وقد حاول Quiros وآخرون (١٩٧٧) دراسة العلاقة بين المقاومة وعدد من الصفات فى الطماطم والأنواع البرية القريبة ، وتوصلوا إلى مايلى :

١ – لم توجد أية علاقة بين المقاومة والمركبات القابلة للتطاير ؛ حيث وجدت نفس المركبات فى النموات الخضرية لكل من النباتات المقاومة والنباتات القابلة للإصابة ، وبرغم اختلافهما كمياً فى محتواهما من هذه المركبات .. إلا أن ذلك لم يكن له أية علاقة

بالمقاومة أيضاً .

٢ – لم يكن لشعيرات البشرة غير الغدية أى تأثير على درجة تعلق المن بالأوراق العادية غير الكثيفة الشعيرات ، ولم يكن لوجود الشعيرات Pubescence فى النباتات العادية أى دور فى المقاومة إلا أن زيادة طول وكثافة الشعيرات قلل من تغذية الحشرة تحت ظروف الحقل ؛ حيث تجنب المن التغذية على طفرة كثيفة الشعر Ln - Wo ، وعلى النوع البرى L. hirsutum ، ولكن المن تمكن من التغذية عليهما تحت ظروف المختبر .

٣ – لم يكن الانثوسيانين بالمجموع الخضرى عائقاً أمام تغذية المن .

٤ – لم تلاحظ أية عوائق تشريحية فى طريق تغذية الحشرة حتى اللحاء فى النوع L. hirsutum ، غير أن طبقة القشرة – فى الساق – قد تمنع وصول الحشرة إلى الأنسجة الوعائية .

٥ – احتوت النباتات القابلة للإصابة – مقارنة بالنباتات المقاومة – على كميات أكبر من السيليلوز ، وكميات أقل من حامض الكونيك quinic acid ، والألانين alanine ، والتيروزين tyrosine مع اتجاه نحو زيادة فى محتواها العام من الأحماض الأمينية الحرة ، كما كانت – أى النباتات القابلة للإصابة – فريدة كمصدر لـ O-phosphoethanol.

هذا .. وقد أوضحت دراسات Goffreda ومعاونيه أن مقاومة النوع L. pennellii لمن البطاطس مردها إلى وجود مركبات إسترات الجلوكوز (2,3,4 - tri - O - acylglu-coses) فى إفرازات الشعيرات المعروفة بطراز IV التى توجد بهذا النوع .

وقد وجد – تحت ظروف المختبر – أن إسترات الجلوكوز النقية تعيق الحشرة عند وجودها على سطح الأوراق بتركيز ٢٥ ميكرو جراماً سم٢ ، وتمنع تغذيتها نهائياً إذا وجدت بتركيز ١٠٠ ميكروجرام / سم٢ . ومن المعروف أن هذا الطراز من الشعيرات الغدية لا يوجد فى الطماطم .

وبرغم أن صفة وجود هذه الشعيرات بسيطة ويتحكم فيها جينان سائدان (يكفى أى منهما لظهور الصفة فى الجيل الأول) .. إلا أن وراثة تمثيل وتراكم مركبات إسترات

الجلوكوز تبدو أكثر تعقيداً ؛ حيث تقوم الهجن النوعية بين L. pennellii والطماطم بتمثيل إسترات جلوكوز تختلف فى محتواها من الأحماض الدهنية عما فى النوع البرى المقاوم .

وتوضح الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن أن الانتخاب لصفة تراكم إسترات الجلوكوز بالأوراق يعد أفضل وسيلة للتربية للمقاومة (Goffreda وآخرون ١٩٩٠) .

التربية لمقاومة صانعات الأنفاق بالأوراق

اختبر webb وآخرون (١٩٧١) عدداً من أصناف وسلالات الطماطم والأنواع البرية القريبة منها لمقاومة نافقات الأوراق leaf miners من النوع Liriomyza munda . وتوصلوا إلى النتائج التالية :

١ – كان الصنف VF 145 - B-7879 غير مفضل لتغذية الحشرة تحت ظروف الحقل.

٢ – كانت بعض سلالات النوع L. esculentum غير مفضلة لتغذية الحشرة البالغة ، أو ضارة بنمو وتطور اليرقات ، أو لها التأثيران معاً .

٣ – كانت جميع السلالات المختبرة من النوع L. hirsutum وطرازه ذات الأوراق الملساء L. hirsutum f. glabratum منيعة تماماً ضد الحشرة فى كل من اختبارى الصوبة والحقل .

٤ – أظهرت السلالات المختبرة من النوع L. pimpinellifolium مستوى مرتفعاً من الإضرار بنمو وتطور الحشرة (antibiosis) فى اختبارات الصوبة ، إلا أن النتائج لم تكن مشجعة تحت ظروف الحقل .

٥ – كانت جميع السلالات المختبرة من النوعين L. peruvianum var. dentatum ، و L. glandulosum قابلة للإصابة .

وفى دراسة أخرى .. وجد Laterrot وآخرون (١٩٨٧) مناعة ضد صانعات الأنفاق بالأوراق من النوع Liriomyza trifolii فى السلالة LA 1401 من النوع L.cheesmanii، ومستويات متوسطة من المقاومة فى كل من طفرة الطماطم الكثيفة الشعيرات Ln^G بالصنف فلورادايد Floradade ، والسلالة Clayberg من L. pennellii ، والسلالات P.I. 126449، و P.I. 134417 ، و P.I. 247087 ، و P.I. 129157 (line H2) من L.hirsutum

L. hirsutum من B والسلالة ، f.glabratum

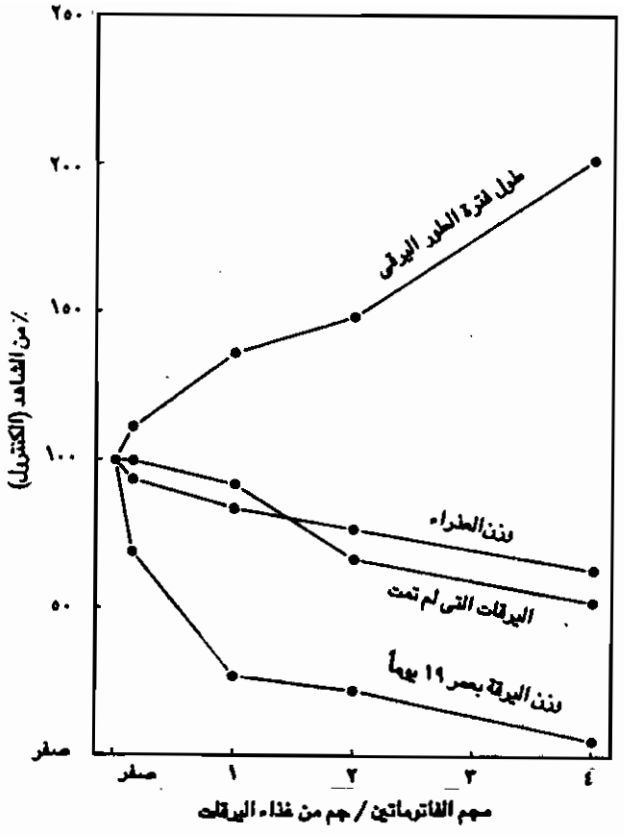
المقاومة لدودة ثمار الطماطم

اختبر Fery & Cuthbert (١٩٧٤) ١٠٣٠ صنفاً وسلالة من الطماطم لمقاومة دودة ثمار الطماطم (Helioths zea) ، ووجدا أن جميعها كانت قابلة للإصابة ، إلا أن بعضها كان أقل إصابة من غيره . وقد كان الصنف Tiny Tim أقلها قابلية للإصابة ؛ حيث كانت إصابته تقل بمقدار ١ر٨٣ ٪ عن الصنف الذى استخدم كشاهد قابل للإصابة ، وبمقدار ٦ر٥٧ ٪ عن السلالة TF-2 التى استخدمت كشاهد للمقاومة .

وفيما يتعلق بطبيعة المقاومة لهذه الحشرة .. وجد Fery & Cuthbert (١٩٧٣) ارتباطاً سالباً بين المقاومة وحجم النمو الخضرى ؛ فقد أرجعت ٢ر٦١٪ من الاختلافات – فى مقاومة الحشرة بين ٢٢ صنفاً وسلالة – إلى اختلافها فى حجم النمو الخضرى . كما وجدا – كذلك – ارتباطاً بين التبكير فى النضج ومقاومة الحشرة ، إلا أن تلك الصفة كانت – هى الأخرى – على علاقة وثيقة بحجم النمو الخضرى .

وفى دراسة أخرى (Fery & Cuthbert ١٩٧٥) .. وجد الباحثان مركباً ذا تأثير قوى مضاد لنمو وتطور الحشرة highly antibotic فى النوع L. hirsutum وطرازه الأملس L. hirsutum f. glabratum ، وتمكنا من استخلاص هذا المركب فى الإيثانول وإثبات سميته للحشرة فى بيئة صناعية . وقد ورّثت تلك المادة كصفة متنحية .

وقد أوضحت دراسات تغذية الحشرة (Stevens ١٩٧٩ ب) أن لمركب الألفا التوماتين alpha - tomatine تأثيراً مؤكداً مضاداً لنمو وتطور اليرقة ؛ حيث تؤدى زيادة تركيز المركب فى غذاء الحشرة إلى زيادة نسبة معدلات موتها وزيادة الفترة اللازمة لإكمال دورة حياتها ، مع نقص فى حجم اليرقة والعذراء والحشرة الكاملة (شكل ٤–٣) . ويعد ذلك أمراً جيداً بالنسبة للتربية لمقاومة الحشرة ؛ نظراً لأن هذا المركب يختفى فى الثمار الحمراء الناضجة .



شكل (٤-٣) : تأثير تركيز مركب الألفاتوماتين alpha - tomatie فى غذاء دودة ثمار الطماطم على خصائص نموها .

كذلك . أوضح Isman & Duffey (١٩٨٢) أن المستخلصات الفينولية شبه النقية من النموات الخضرية للطماطم تثبط من نمو دودة ثمار الطماطم عند إضافتها إلى البيئة الصناعية التى تتغذى عليها الحشرة ، وتناسبت درجة تثبيط النمو – طردياً – مع تركيز هذه الفينولات . وقد تشابه التأثير المثبط لهذه الفينولات مع تأثير أى من حامض الكلوروجنك Chlorogenic acid ، أو الريوتين rutin النقيين ، وهما من أهم المركبات الفينولية التى توجد فى النموات الخضرية للطماطم .

التربية لمقاومة دودة التبغ

يعد الطراز f. glabratum من النوع البرى L. hirsutum شديد المقاومة لحشرة دودة

التبغ Tobacco Hornworm (Manduca sexta) ؛ حيث تموت اليرقات الصغيرة للحشرة إذا لا مست أوراق هذا الطراز البرى ، حتى ولو لم تتغذ عليه . وتدل الدراسات على أن مركب 2-tridecanone الذى يوجد فى إفرازات غدد الشعيرات الغدية هو المسئول الأول – وربما الوحيد – عن مقاومة هذه الحشرة .

ويبدو أن الشعيرات الغدية من الطراز السادس (VI) هى المصدر الرئيسى لهذا المركب ؛ حيث كان تركيزه متناسباً – طردياً – مع عدد الشعيرات التى توجد من هذا الطراز فى وحدة المساحة من الأوراق . إلا أن آخرين أوضحوا أن توفر كميات من المركب فى هذا النوع البرى – تكفى لقتل الحشرة – يتوقف على الكمية الكلية الموجودة منه فى النموات الخضرية، وليس على كثافة الشعيرات الغدية . ويعد هذا المركب (2-tridecanone) هو المركب الرئيسى فى زيت أوراق النوع L. hirsutum f . glabratum ، ويزيد تركيزه فى هذا النوع بمقدار ٧٢ ضعف ما يوجد منه فى الطماطم .

وفى دراسة على وراثة وطبيعة المقاومة لحشرة دودة التبغ فى الطماطم .. لقح Fery & Kennedy (١٩٨٧) السلالة المقاومة P.I. 134417 من L . hirsutum f . glabratum مع كل من صنف الطماطم Wallter والسلالة P.I. 127826 من L. hirsutum ، وأنتجا الجيلين الأول والثانى لكل تلقيح .

وقد أوضحت الدراسة تحكم ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية المتنحية – على الأقل – فى كل من صفتى التركيز المرتفع لمركب 2-tridecanone ، والمقاومة العالية لحشرة M. sexta ، بينما لم يكن للشكل الظاهرى للطراز الرابع (IV) من الشعيرات الغدية أية علاقة بكثافة هذه الشعيرات ، أو تركيز المركب ، أو مقاومة الحشرة .

التربية لمقاومة خنفساء كلورادو

تتوفر المقاومة لحشرة خنفساء كلورادو (Leptinotarsa decemlineata) فى النوع البرى L. hirsutum . وقد وجد Sinden وآخرون (١٩٨٧) ارتباطاً سالباً بين محتوى النبات من مادة التوماتين Tomatine وبين تغذية الحشرة (كان معامل الارتباط r : -٠,٦٤٣ وجوهرياً جداً) .

وقد اتضحت تلك العلاقة فى ثلاث صور كما يلى :

١ – كانت تغذية الحشرة أكبر فى مراحل النمو النباتى المبكرة التى كان محتوى التوماتين فيها منخفضاً .

٢ – كان لتأثير الفترة الضوئية فى محتوى التوماتين فى كل من الطماطم والنوع L. hirsutum تأثير مماثل على تغذية الحشرة .

٣ – نقصت الحشرة بمقدار ٢٠ – ٨٠ ٪ عندما شُرِّبَتْ الأوراق بالتوماتين بمعدل ٦٥ – ١٦٥ مجم / ١٠٠ جم وزناً طازجاً .

وقد أوضحت دراسات Carter وآخرين (١٩٨٨) أن تركيز مركب زنجبرين zingibe-rene (وهو sequiterpene) ، الذى يوجد فى النموات الخضرية للسلالة P.I. 126445 من النوع L. hirsutum f. hirsutum يرتبط بمعدلات موت يرقات الحشرة (r = ٩ر٠) . ولوحظت نفس العلاقة كذلك بالنسبة لمركب 2-tridecanone (وهو methyl ketone) ؛ حيث كان معامل الارتباط r = ٨٨ ر٠

التربية لمقاومة الذبابة البيضاء

تنقل الذبابة البيضاء من النوع Bemisia tabaci (ذبابة الدخان البيضاء tobacco whitefly) فيرس اصفرار والتفاف أوراق الطماطم لنباتات الطماطم . وقد سبقت الإشارة إلى جهود التربية التى أجريت لمقاومة هذا الفيرس ، وتضمنت المناقشة الجهود القليلة – المنشورة – التى بذلت لمقاومة الذبابة ذاتها . ونتناول فى هذا الجزء جهود التربية لمقاومة ذبابة البيوت المحمية البيضاء greenhouse whitefly التى تنتمى للنوع Trialeurodes vaporariorum وهى – كما نعلم – لا تنقل فيرس اصفرار والتفاف أوراق الطماطم .

اختبر De Ponti وآخرون (١٩٧٥) ٨٥ صنفاً وسلالة من الطماطم والأنواع البرية القريبة منها ، ووجدوا المقاومة للذبابة البيضاء فى كل من الأنواع L. hirsutum ، و L. hirsutum f. glabratum ، و L. pennellii . وعندما وضعت أربعون أنثى من الذبابة على كل نبات مختبر ، وتركت لمدة ثلاثة شهور – أى لمدة ثلاثة أجيال – وصل عددها

– بكل نبات – إلى نحو ١٠ آلاف حشرة فى أصناف الطماطم التجارية ، وإلى ٥٠ حشرة فى النوع L. hirsutum ، بينما كان من الصعب العثور على حشرة واحدة على نباتات النوع L. pennellii (Anon. ١٩٨٠) .

وتبين من اختبارات Lobo وآخرين (١٩٨٧) وجود درجة عالية من المقاومة لذبابة البيوت المحمية البيضاء فى أربع من سلالات النوع L. hirsutum هى : LA 1252 ، و AL 1255 ، و LA 1362 ، و P.I. 127826 . وفى دراسة أخرى (Lobo وآخرون ١٩٨٧ أ) .. زادت درجة المقاومة فى سلالة من النوع L. pennellii (من بين ٢٩ سلالة تضمنها الاختبار) عن مقاومة صنف المقارنة Licato ؛ وكان من بينها ست سلالات لم تتكاثر عليها الذبابة مطلقا ؛ وهى : LA 716 ، و LA 1299 ، و LA1302 ، و LA 1340، و LA 1515 ، و LA 1735 .

وقد درس Plage (١٩٧٥) وراثة المقاومة للذبابة البيضاء T. vaporariorum فى النوع L. pennellii ، ووجد أن الجيل الأول كان وسطاً فى مقاومته ، وأن درجة توريث المقاومة – على النطاق العريض – كانت ٧٥ ٪ .

وقد تمكن الباحث من انتخاب نباتات شبيهة بالطماطم ، وذات ثمار صغيرة حمراء ، وعلى درجة متوسطة من المقاومة للحشرة بعد تلقيح رجعى واحد للطماطم ، استخدم فيه أحد نباتات الجيل الثانى المقاومة .

هذا .. وترجع مقاومة النوع L. hirsutum f. glabratum لذبابة البيوت المحمية البيضاء إلى عدم ملاءمة النباتات لوضع البيض عليها ابتداء ، وإلى موت اليرقات التى تتغذى على النباتات . أما النوع L. pennelii .. فإن نباتاته تكون مغطاة بشعيرات غدية لزجة ، تعمل كمصايد للذبابة البيضاء التى تلتصق بها ، ولا يمكنها وضع البيض إلا بأعداد قليلة جداً . ومن الطبيعى أن صفة الشعيرات الغدية اللزجة ليست مرغوبة فى أصناف الطماطم التجارية (Anon. ١٩٨٠) . وتشير دراسات Lobo وآخرين (١٩٨٧ أ) إلى وجود علاقة مؤكدة بين كثافة الشعيرات من الطراز الرابع (IV) على السطح السفلى للوريقات ، وبين المقاومة معبراً عنها بمعدلات موت الحشرة mortality rate .

وفى تلقيحات بين الطماطم والنوع L. pennellii .. وجد Lemke & Mutschler (١٩٨٤) أن صفة وجود الطراز IV من الشعيرات الغدية يتحكم فيها زوجان من الجينات غير المرتبطة ، وأن درجة توريث هذه الصفة – على النطاق العريض – عالية .

وتبعاً لـ Snyder وآخرين (١٩٨٧) .. فإن مقاومة النوع L. hirsutum f. glabratum للحشرات ترجع – جزئيا – إلى وجود مادتين فى إفرازات الطراز IV من الشعيرات الغدية ؛ هما : methyl ketonses 2-tridecanone ، و 2- undecanone . أما L. hirsutum .. فترجع مقاومته للحشرات إلى نوعين آخرين من المركبات ، يوجدان فى إفرازات الشعيرات الغدية ، وكلاهما من السسكويتربينات Sesquiterpenes .

وقد تمكن De Ponti ومعاونوه من نقل صفة المقاومة لذبابة البيوت المحمية البيضاء إلى عدد من سلالات التربية المتقدمة . وعلى ضوء ما هو معلوم من أن المقاومة العالية للحشرات فى النوع L. hirsutum مردها إلى ارتفاع محتوى النموات الخضرية لنباتات هذا النوع فى مركب ألفاتوماتين alpha tomatine ، الذى يعد – أيضاً – سماً للإنسان .. قام Van Gelder & De Ponti (١٩٨٧) بدراسة محتوى الثمار الناضجة لسلالات التربية المقاومة للذبابة البيضاء من مادة الألفاتوماتين ، مقارنة بمحتوى ثمار الصنف التجارى أول روند Allround ، والنوع البرى L. hirsutum f. glabratum ، ووجدا فارقاً هائلاً بين الطماطم والنوع البرى . فبينما تساوت ثمار سلالات التربية والصنف التجارى فى محتواها من الألفاتوماتين – الذى لم يتعد ٥ مجم / كجم من الثمار الطازجة – فإن محتوى الثمار الناضجة الطازجة للنوع البرى بلغ ٣٣٩٠ مجم / كجم ؛ ويدل ذلك على أن التربية للمقاومة للذبابة البيضاء لايترتب عليها أية زيادة فى محتوى الثمار الناضجة من المركبات السامة للإنسان .

التربية لمقاومة العنكبوت الأحمر

وجد Stoner (١٩٦٨) أن من الممكن تعرّف النباتات المقاومة للعنكبوت الأحمر Tetranychus cinnabarinus من كثافة الشعيرات الغدية بالأوراق . كان تقدير الكثافة بالعين

المجردة كافياً للانتخاب لصفة المقاومة ، وكانت كثافة الشعيرات أعلى فى الأصناف المقاومة مما فى الأصناف القابلة للإصابة . وقد تبين أن الشعيرات جعلت الأكاروس غير مستقر ، وأنها شلت حركته تماماً فى بعض الحالات . كما وجد الباحث ذاته (Stoner ١٩٧٠) أن عدد البيض الذى تضعه أنثى الأكاروس على النباتات المقاومة ذات الشعيرات الغدية الكثيفة يقل بمقدار ٢ ر ٦ – ٥ ر٥٠ ٪ عن البيض الذى تضعه على النباتات الأقل كثافة فى هذه الشعيرات .

وقد تبين من دراسات Snyder & Carter (١٩٨٤) أن مقاومة العنكبوت الأحمر T. urticae فى النوع البرى L. hirsutum ترتبط بالطرز IV من الشعيرات الغدية . وبرغم احتواء هذا النوع (السلالة P.I. 251303) على ثلاثة طرز أخرى من الشعيرات التى تسهم بدرجة أقل فى المقاومة (وهى الطرز : I ، و V ، و VI) .. إلا أن تأثير الطراز IV طغى عليها جميعاً (Carter & Snyder ١٩٨٥) .

وقد وصف الباحثان طرز الشعيرات التى توجد فى الجنس Lycopersicon كمايلى :

١ – الطراز I : شعيرة طويلة ذات طرف غدى وحيد الخلية .

٢ – الطراز II : لا يوجد فى أى من النوعين L. esculentum أو L. hirsutum .

٣ – الطراز III : شعيرة طويلة غير غدية .

٤ – الطراز IV شعيرة قصيرة ذات طرف وحيد الخلية ، وتنتج إفرازات لزجة . يوجد هذا الطراز بكثافة عالية فى النوع L. hirsutum – خاصة على السطح العلوى للأوراق – وهو المسئول الأول عن مقاومة العنكبوت الأحمر وبعض الحشرات التى سبق ذكرها . لايوجد هذا الطراز فى نوع الطماطم (L. esculentum) ، بينما – يوجد – بكثافة منخفضة – فى نباتات الجيل الأول للهجين النوعى بين الطماطم و L. hirsutum ، الذى يكون وسطاً فى مقاومته للعنكبوت الأحمر .

٥ – الطراز V شعيرة قصيرة غير غدية .

٦ – الطراز VI :شعيرة ذات طرف سام ، تختلف – مورفولوجيا وفسيولوجياً – باختلاف الأنواع .

وفى دراسة لاحقة (Good & Snyder ١٩٨٨) .. درست علاقة مقاومة العنكبوت الأحمر T. urticae بكل من كثافة طرز الشعيرات IV ، و V ، و VI ، وتركيز المركبين زنجبرين Zingiberene ، وجاما إليمين gamma elemene (اللذين لهما علاقة بمقاومة بعض الحشرات) فى نباتات الجيل الثانى للتلقيح بين الطماطم وسلالة مقاومة للأكاروس من L. hirsutum ، وتبين أن كثافة الطراز IV من الشعيرات هى أكثر الصفات ارتباطا بصفة المقاومة .

وتبين لدى مقارنة خمس سلالات أخرى من L. hirsutum f. glabratum (Weston وآخرون ١٩٨٩) - أن سلالات " طراز النوع " typicum كانت أكثر مقاومة من " الطراز الأملس " glabratum . وقد ارتبطت مقاومة العنكبوت الأحمر بكثافة الطراز IV من الشعيرات الغدية فى الطراز النوعى typicum، ولكن مثل هذا الارتباط لم يوجد فى الطراز النوعى glabratum . كما لم يمكن إرجاع الاختلافات الكبيرة فى المقاومة بين الطرازين النوعيين (typicum ، و glabratum) إلى اختلافهما فى كثافة الطراز IV للشعيرات .

طبيعة مقاومة الحشرات والعناكب

يلعب مركب الألفاتوماتين alph tomatine دوراً كبيراً فى مقاومة الحشرات والعناكب فى الطماطم ؛ فهو مثبط لنمو كل من الذبابة البيضاء (Snyder وآخرون ١٩٨٧) ، ويرقات خنفساء كلوارنو ، ودودة ثمار الطماطم ، وحوريات نطاطات النباتات ذات الخطين two striped grasshoppers (عن Juvic & Stevens ١٩٨٢) . وتختلف أصناف الطماطم وسلالات الأنواع البرية القريبة منها - كثيرا - فى محتواها من الألفاتوماتين ؛ ففى دراسة شملت ٢٦ صنفاً وسلالة من سبعة أنواع من الجنس Lycopersicon (Juvic وآخرون ١٩٨٢) .. كان محتوى الألفاتوماتين أقل كثيراً فى الطماطم من كل من L. esculentum var. cerasiforme ، و L. pimpinellifolium ، والسلالة LA 462 من L. peruvia-num. كذلك يوجد المركب بتركيز عالٍ جدا (٣٣٩٠ مجم / كجم من الثمار الناضجة الطازجة) فى النوع البرى L. hirsutum f. glabratum مقارنة بالطماطم (أقل من ٥ مجم / كجم من الثمار الناضجة الطازجة) (Van Gelder & De Ponti ١٩٨٧) .

وقد أوضحت دراسات Juvic & Stevens (١٩٨٢ أ) أن صفة المحتوى المرتفع من الألفاتوماتين يتحكم فيها أليلان لجين واحد .

وتحتوى الشعيرات الغدية (من الطراز IV) للطماطم البرية L. hirsutum f. glabratum (السلالة P.I. 134417) على تركيزات مرتفعة من المبيد الحشرى القاتل 2- tridecanone يزيد عما يوجد فى الطماطم بخمسين ضعفاً . وقد أوضحت الدراسات وجود علاقة مؤكدة بين تركيز هذا المركب فى النبات ومقاومته لكل من دودة التبغ (Manduca sexta) ، ودودة ورق القطن (Spodoptera littoralis) ، وحشرة Phthorimaea operculella ، ومن القطن (عن Weston وآخرين ١٩٨٩) .

وقد وجد Zamir وآخرون (١٩٨٤) أن المستوى المرتفع لهذا المركب (2 - tridecanione) صفة متنحية . كذلك وجد مركب آخر هو 2 - undecanone مع المركب الأول(2 - trideca-none) فى نفس السلالة (P.I. 134417) ، وكان كلاهما ساماً لكل من حشرتى Keife-ria lycopersicella ، و Spodoptera exigua .

وكما سبق بيانه .. فإن لكثافة الشعيرات الغدية من الطراز IV وإفرازتها دورا بارزا فى مقاومة العنكبوت الأحمر T. urticae . وعندما تكون كثافة هذا الطراز من الشعيرات منخفضة .. فإن كثافة الطرازين V ، و VI ، والخصائص الكيميائية للطراز VI من الشعيرات تؤثر فى المقاومة للأكاروس (عن Good & Snyder ١٩٨٨) .

ويستنتج من ذلك أن التربية لزيادة كثافة الشعيرات الغدية ربما تزيد من مقاومة الأكاروس والحشرات التى تتأثر بإفرازات هذه الشعيرات . هذا .. إلا أن الانتخاب لتلك الصفة يمكن أن يتعقد بطول الفترة الضوئية ؛ ففى ظروف الفترة الضوئية الطويلة .. تحتوى وريقات السلالة P.I. 134417 من النوع L. hirsutum f. glabratum على مستوى من مركب الـ 2 - tridecanone أعلى مما تكون عليه الحال فى الفترة القصيرة .

كما وجد أن كثافة الطراز VI من الشعيرات الغدية تكون أكثر فى ظروف الفترة الضوئية الطويلة ، بينما تكون كثافة الطراز IV أعلى فى ظروف النهار القصير فى كل من السلالتين P.I. 134417 ، و P.I. 251303 ؛ لذا فإن العثور على سلالات من L. hirsutum –

لا تتأثر فيها كثافة الشعيرات الغدية بطول الفترة الضوئية - يمكن أن يجعل الانتخاب للمقاومة أكثر بساطة (عن Weston وآخرين ١٩٨٩) .

مصادر إضافية خاصة بالتربية لمقاومة الآفات

لمزيد من التفاصيل عن الجهود التى بذلت لتربية الطماطم لمختلف الأمراض .. يراجع ما يلى :

المرجع	الأمراض التى تناولها المرجع
١٩٥٤ Scheffer & Walker	الذبول الفيوزارى
١٩٦٠ Campbell Soup Co.	عام
١٩٦٠ Harrison	عدة أمراض
١٩٦٠ Gallegly	الندوة المتأخرة
١٩٦٠ Hoadley	الأنثراكنوز
١٩٦٠ Holmes	الفيروسات
١٩٦٠ Harrison	نيماتودا تعقد الجذور
١٩٦٧ Walter	الذبول الفيوزارى
١٩٧٢ Crill & Jones	الذبول الفيوزارى
١٩٧٨ Dixon	عام
١٩٧٨ Russell	عام
١٩٨٠ Medina Filho & Stevens	نيماتودا تعقد الجذور
١٩٨٦ Kaloo	عام