الفصل الثانى

التربية لمقاومة الأمراض الفطرية

ثانيًا : مقاومة أمراض النمو الخضرى والزهرى والثمرى

الندوة المبكرة وعفن الرقبة

يسبب الفطر *Alternaria solani* أمراض الندوة المبكرة Early Blight، وعفن الرقبة Collar Rot ، وتساقط البادرات Damping Off فى الطماطم.

مصادر المقاومة ووراثتها

تتوفر 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 جزئيًا (Reynard & Andrus ١٩٤٥).

هذا.. وقد أوضحت دراسات Nash وآخرين (١٩٨٨) على سلالة الطماطم NC – EBR-1 التى حصلت على مقاومتها من السلالة PI 126445 من *S. habrochaites* — أن المقاومة كمية، تراوحت كفاءة توريثها فى المعنى الخاص — عندما قدرت بطرق مختلفة — من ٠,١٧ إلى ٠,٤٩ 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 جدًا.

وتُعد السلالة PI 134417 من *S. habrochaites* عالية المقاومة للفطر *A. solani*، وتبين أن تلك المقاومة بسيطة وسائدة (Datar & Lonkar ١٩٨٥).

وأُنتجت سلالة مقاومة من الطماطم، هى NC EBR1، وهى التى حصلت على مقاومتها للفطر *A. solani* من السلالة PI 126445 للنوع البرى *S. habrochaites*. وتتماثل سلالة الطماطم تلك فى مستوى مقاومتها مع مستوى مقاومة السلالتين عاليتا المقاومة 71B2، وC1943 (Nash ١٩٨٦). وتبين أن مقاومتها كمية ويتحكم فيها نظام وراثى مضيف (Maiero وآخرون ١٩٩٠).

كذلك وُجد أعلى مستوى من المقاومة لعفن الرقبة – الذى يسببه الفطر *A. solani* – فى سلالتى التربية C1943، وNC EBR-2؛ وتبين أن المقاومة متنحية بصورة غير تامة ويتحكم فيها نظام وراثى مضيف وسيادى (Maiero وآخرون ١٩٩٠).

وعندما أُجرى تقييم لأكثر من ٦٥٠ صنفًا وسلالة من الطماطم والأنواع البرية القريبة لمقاومة الفطر *A. solani*.. وجد مستوى متوسط من المقاومة فى سلالات التربية HRC90.145، وHRC90.158، وHRC90.159، وسلالات التربية من الهجن النوعية HRC90.303، وHRC91.279، وHRC91.341. وكانت سلالات *S. habrochaites* أرقام LA 2100، وLA 2124، وLA 2204 الأفضل كمصدر لصفة المقاومة مع إمكانيات نقلها للطماطم (Poysa & Tu ١٩٩٦).

وقد وُجدت مقاومة تامة للندوة المبكرة فى السلالتين PI 126445، وLA 2099 من *S. habrochaitses*، كما تأكدت مقاومة سلالات التربية 88B231، و89B21، و C 1943، وNCEBR-1، وNCEBR-2، وNCEBR-5، وNCEBR-6، وNC24E، وNC39E. هذا.. وقد تماثلت نتائج اختبارات الحقل مع اختبارات الصوبة، إلاّ أن

اختبار التقييم باستعمال الوريقات المفصولة أعطى نتائج متضاربة (Foolad وآخرون ٢٠٠٠).

ووجد أن مقاومة السلالة IHR1939 — من *S. pimpinellifolium* — للندوة المبكرة كمية ويتحكم فيها جينات متنحية فى كل من مرحلتى نمو البادرة والنباتات البالغة، وتبين أهمية التأثير الجينى المضيف، والمضيف × المضيف فى مرحلة نمو البادرة، والتأثير الجينى السيادى، والسيادى × السيادى فى مرحلة نمو النباتات البالغة. كذلك وُجد أن جينات المقاومة التى تحملها كلٌ من سلالة الطماطم المقاومة IHR1816 والسلالة المقاومة IHR1939 من *S. pimpinellifolium* مستقلة (Thirthamallappa & Lohithaswa ٢٠٠٠، و ٢٠٠٦).

وتتوفر صفة المقاومة للفطر *A. solani* فى السلالة PI 126445 — كذلك — من النوع البرى *S. habrochaites*، وتبين من الدراسات الوراثية على أجيال انعزالية لتلقيحات بين هذه السلالة وسلالة الطماطم القابلة للإصابة NC 841738 أن المقاومة صفة كمية قدرت فيها قيمة h^2 بنحو ٠,٧ (Foolad & Lin ٢٠٠١).

كما دُرست وراثة المقاومة للندوة المبكرة فى تهجين بين سلالة التربية القابلة للإصابة NC 84173 (متوسطة فى موعد النضج) والسلالة المقاومة NC 39E (المتأخرة فى موعد النضج)، وتبين أن المقاومة كمية فى وراثتها، وتراوحت درجة توريثها على النطاق الضيق h^2 (معامل الارتباط بين نسل عائلات الجيل الثالث والنباتات المفردة فى الجيل الثانى) بين ٠,٦٥، و ٠,٧١ كذلك وُجد — عبر عائلات الجيل الثالث — ارتباط سالب (ر = — ٠,٤٦) بين شدة الإصابة والتبكير فى النضج؛ مما يدل على أن النضج النباتى يؤثر فى شدة الإصابة، إلاّ أن درجات عالية من المقاومة وجدت فى بعض عائلات الجيل الثالث التى كانت متوسطة فى موعد نضجها (Foolad وآخرون ٢٠٠٢).

وأوضحت الدراسات التى استخدمت فيها عدة مصادر للمقاومة (من كل من الطماطم، و *S. habrochaites*، و *S. pimpinellifolium*) أن صفة المقاومة للندوة المبكرة كمية ومتنحية ويتحكم فيها عديد من الجينات، وقُدِّر الحد الأدنى لعدد

الجينات التى تتحكم فى الصفة باثنان أو ثلاثة فى بعض الدراسات. وتبين من عدة دراسات استخدمت فيها عدة مصادر للمقاومة وجود تأثيرات مضيفة additive، وسيادية dominant، وتفوق epistatic، وكانت الجينات متنحية فى عديد من الدراسات، أو سائدة جزئيًا أحيانًا، وكانت المقاومة سائدة فى دراسة واحدة (عن Chaerani & Voorrips ٢٠٠٦).

هذا.. وتُظهر السلالة LA2157 من *S. arcanum* (سابقًا: *L. peruvianum*) مقاومة كمية للندوة المبكرة. وقد أمكن التعرف على ست QTLs تقع على الكروموسومات ١، و ٢، و٥، و٦، و٧، و٩ ترتبط بالمقاومة، منها ثلاث ترتبط – كذلك – بالمقاومة لعفن الرقبة (Chaerani وآخرون ٢٠٠٧).

وتبين أن مقاومة صنف الطماطم Megha للندوة المبكرة يتحكم فيها زوجان – أو أكثر قليلاً – من العوامل الوراثية المتنحية ذات تأثيرات مضيفة وغير مضيفة، كما وُجد ارتباط بينهما وبين واسمتى RAPD، هما: OPG 191350، و OPE 111300 (Rao وآخرون ٢٠٠٧، و ٢٠٠٨).

وباعتبار كفاءة التوريث المتوسطة إلى المنخفضة لصفة مقاومة الطماطم للندوة المبكرة، فإن التعرف على واسمات وراثية لتلك الجينات يُفيد فى إسراع نقلها إلى أصناف جديدة. ولقد أمكن باستعمال السلالة المقاومة PI 126445 من *S. habrochaites* التعرف على ١٤ QTLs ، كانت جميعها من السلالة البرية، وفسَّرت – معًا – ٧٥٪ من تباينات الشكل المظهرى. وفى دراسة أخرى استخدمت فيها نفس السلالة البرية المقاومة أمكن التعرف على سبع QTLs كانت إحداها من الأب القابل للإصابة. وقد تنوع عدد الـ QTLs المرتبطة بالمقاومة فى دراسات أخرى. هذا.. إلاّ أن تأثيراتها – كل على انفراد – كان محدودًا، وتبين أن ٤ إلى ٦ QTLs – فقط – منها تُفسر أكثر من ٤٠٪ من تباين الشكل المظهرى، وتلك هى التى تفيد فى عملية الانتخاب للمقاومة (Chaerani & Voorrips ٢٠٠٦).

طرق التقييم لمقاومة المرض

أمكن التقييم لمقاومة أعراض إصابة النموات الخضرية بالفطر *A. solani* برش البادرات وهى بعمر ستة أسابيع فى بيت محميّ بمعلق للجراثيم الكونيدية للفطر (Gardner ١٩٩٠).

هذا.. ويُفرز الفطر *A. solani* — مسبب مرضى الندوة المبكرة وعفن الرقبة فى الطماطم — سمومًا فى مزارع الفطر، من أهمها: alternaric acid، و Zinniol. ولقد أظهرت بادرات الطماطم التى عُرِّضت لراشح مزارع الفطر لمدة ٢٠ ساعة تحللات بحافة الأوراق وما بين العروق وذبولاً. وكان تخفيف ١ : ٢ للمستخلص سامًّا لكل التراكيب الوراثية المختبرة، إلاّ أن تخفيفًا أكبر من ذلك أظهر اختلافات فى القابلية للإصابة والمقاومة؛ فقد أظهرت السلالتين C 1943، و NC EBR-2 المقاومتين لكل من الندوة المبكرة وعفن الرقبة تحملاً للراشح، بينما أظهرت السلالات المقاومة للندوة وليس لعفن الرقبة (71B2، و 87B187، و NC EBR-1) أعراض تسمم بالراشح الفطرى. هذا.. ولم يُعرف على وجه التحديد السموم المؤثرة التى توجد فى راشح مزارع الفطر (Maiero وآخرون ١٩٩٩).

وقد وُجد أن حبوب لقاح الطماطم وأنواعها البرية حساسة لتركيز ٠,٠٠١٥ مجم/لتر للفيتوألاكسين المستخلص من السلالة ASL للفطر *A. solani*، حيث أمكن بالمعاملة بهذا التركيز التمييز بين مستويات المقاومة، والتى كان أعلاها فى سلالة الطماطم LK30/86، والنوع *S. peruvianum*، علمًا بأن السم كان له تأثير بيِّن على استطالة الأنابيب اللقاحية وليس على إنباتها، ومن ثم كان له تأثير على عقد الثمار فى السلالات الحساسة له (Darakov ١٩٩٥).

طبيعة المقاومة

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

كما وُجد فى سلالات من الطماطم متوسطة وعالية المقاومة للندوة المبكرة أن تلك المقاومة الكمية تترافق مع إنتاج النباتات للإنزيمات المحللة: chitinase، و β-1,3-glucanase (Lawrence وآخرون ٢٠٠٠).

كذلك وجد أن سلالات الطماطم الأعلى فى مستوى المقاومة للندوة المبكرة يتحقق فيها كفاءة إصابة الفطر لها، ويكون معدل تجرثم الفطر عليها أكثر بطئًا، وتقل كفاءة تجرثمه عليها.

ويزداد فى الأصناف المقاومة محتواها من الفينولات الكلية (التانين والفلافونول والفينول) بالأوراق والسيقان، كما تحتوى ثمارها على كميات أكبر من المركبات الفينولية عما فى الأصناف القابلة للإصابة (Chaerani & Voorrips ٢٠٠٦).

التربية للمقاومة

ترتبط المقاومة للندوة المبكرة فى مرحلة نمو البادرة مع المقاومة فى طور النبات البالغ، لكن لا يُعرف إن كان مَرَدُ ذلك لتأثير متعدد لنفس جينات المقاومة، أم لجينات مختلفة. كذلك ترتبط المقاومة بالمحصول المنخفض وبطبيعة النمو غير المحدود. وعندما أُجريت محاولات للتخلص من تلك الصفات أثناء التربية للمقاومة انخفض مستوى المقاومة فى النباتات المتحصل عليها. هذا.. وتزداد فى النبات الواحد مقاومة الأوراق الطرفية الحديثة عن الأوراق المسنة، حتى فى الأصناف القابلة للإصابة، ويعتقد بأن لذلك علاقة بمستوى السكر بالأوراق، حيث إنه من المعروف أن الأوراق المسنة ينخفض فيها محتوى السكر الذى ينتقل منها إلى مناطق النمو فى الأوراق الحديثة، كما أن الأوراق الحديثة يزيد فيها محتوى الجليكوألكالويدات (السولانين والشاكوين والسولانيدين) التى يمكنها تثبيط نمو الفطر فى البيئة الصناعية. ويمكن – كذلك – تفسير زيادة مقاومة الأصناف المتأخرة النضج – وهى التى تكون غالبًا غير محدودة النمو – على أساس محتوى أوراقها من كل من السكر والجليكوألكالويدات (Chaerani & Voorrips ٢٠٠٦).

إن سلالات الطماطم العالية المقاومة للندوة المبكرة تُعد نادرة. ولقد وصفت سلالتين من الطماطم، هما: 71B2، و C1943 بأنهما عاليتا ومتوسطتا المقاومة للندوة المبكرة، على التوالى، وأمكن تطوير سلالات تربية وهجنًا متوسطة المقاومة للمرض من هاتين السلالتين، مثل: Plum Dandy، و NC EBR-5، و NC EBR-6، و Mountain Supreme، و NC EBR-2. وفى دراسة قيم فيها ٥٠٠٠ صنف وسلالة تربية من الطماطم وجدت المقاومة فى ١١ سلالة — فقط — منها.

وقد أمكن التعرف على بعض السلالات البرية المقاومة للمرض من كل من *S. habrochaites* (مثل: NC EBR-1، و 87B187، و H-7، وH-22، وH-25 ، وسلالات HRC)، و *S. peruvianum*، و *S. pimpinellifolium*، إلاّ أن النجاح فى الاستفادة من تلك المقاومات فى إنتاج طماطم مقاومة ظل محدودًا لأن معظم سلالات التربية (مثل: NC EBR-4، و HRC90.303، و HRC91.341) كانت متأخرة النضج، وغير محدودة النمو، ومنخفضة المحصول نسبيًا؛ علمًا بأن جميع تلك السلالات استمدت مقاومتها من *S. habrochaites* (عن Chaerani & Voorrips ٢٠٠٦).

لقد أمكن إنتاج أصناف محسنة من الطماطم مقاومة للندوة المبكرة باتباع طرق التربية التقليدية، كما أمكن تحديد QTL للمقاومة يمكن استخدامها كواسمات للانتخاب للمقاومة فى برامج التربية (Foolad وآخرون ٢٠٠٨).

ولا نعرف على وجه الدقة العلاقة بين المقاومة للندوة المبكرة ولعفن الرقبة. وقد وجد مستوى عالٍ من المقاومة لمرض عفن الرقبة فى صنف الطماطم التجارى Devon Surprise وسلالة التربية C1943، كما وجدت المقاومة فى السلالة 83602029 من الطماطم، وسلالة من *S. cheesmaniae*، والسلالة 87610006 من *S. neorickii*، وكانت المقاومة كمية وذات تأثيرات جينية مضيفة وسيادية وتفوق (Chaerami & Voorrips ٢٠٠٦).