

التحول الوراثي بجينات من العائل تختص بمقاومة الفيروسات

الجينات التي تشفر للإنزيمات ذات العلاقة بعملية ظهور المرض

إن أكثر مظاهر المقاومة للفيروسات في النباتات هي الاستجابة التي تعرف باسم فرط الحساسية hypersensitivity، وهي التي يُستثار حدوثها عندما يتعرف النبات العائل على الكائن الممرض - وهو الفيروس في حالتنا تلك - مما يؤدي إلى موت ميرمج لخلايا العائل حول الموضع الأول للإصابة ولقد وجد أن حادثة التعرف تلك تعتمد - في بعض الأحيان - على جينات مفردة في العائل ويؤدي تعرف النبات على الكائن الممرض - بالتالي - إلى حث عدد كبير من الجينات الأخرى المرتبطة بالدفاع ضد مسببات المرضية حثها إلى النشاط وبينما تعمل بعض تلك الجينات موضعياً في مكان الإصابة لتتسبب في موت الخلايا المرافق لاستجابة فرط الحساسية، فإن جينات أخرى كثيرة يظهر تأثيرها جهازياً، وتشارك في تطور حالة من المقاومة - أعلى من الحالة العادية - في أجزاء النبات، وهي التي تعرف باسم المقاومة الجهازية المكتسبة systemic acquired resistance، ومن بين أهم هذه الجينات التي تشارك في إحداث حالة المقاومة الجهازية المكتسبة تلك التي تكون مسئولة عن إنتاج ما تعرف بالبروتينات المرتبطة بتولد أو نشوء المرض pathogenesis-related proteins. ولقد أمكن التعرف على عديد من تلك البروتينات، وهي تضم ما لا يقل عن عشرة بروتينات رئيسية حامضية acidic تتواجد أساساً في البروتوبلاست، بالإضافة إلى مجموعة من البروتينات الأساسية التي تتواجد في الفجوات العصارية وقد تبين أن عدداً كبيراً من هذه البروتينات يظهر بها نشاط لكل من الـ glucanase، و الـ chitinase

وفي التبغ وجد أن المقاومة الجهازية المكتسبة التي تُحدثها العدوى بفيروس موزايك التبغ لا تكسب النباتات حماية ضد مزيد من لقاحات الفيروس ذاته - فقط - ولكن - كذلك - ضد فيروسات أخرى، ومسببات مرضية أخرى فطرية وبكتيرية. ونظراً لأن المقاومة الجهازية المكتسبة، وتعتيل البروتينات المرتبطة بتولد المرض يحدثان في آن واحد، فقد اقترح أن تلك البروتينات تلعب دوراً نشطاً في عملية الدفاع. ولقد جاء أول تأكيد لذلك الاستنتاج عندما لوحظ أن رش أوراق التبغ بحامض السليلك يحث تمثيل

مجموعة من البروتينات المرتبطة بتولد المرض، وأن ظهورها يواكب تطور حدوث المقاومة الجهازية المكتسبة، هذا مع العلم بأن حامض السليلك يعد من النواتج الأيضية النباتية الطبيعية، ووجد أنه يلعب دوراً جوهرياً في تطور المقاومة الجهازية المكتسبة. ولقد تبين أن النباتات المهندسة وراثياً لجعلها قادرة على تحليل حامض السليلك الطبيعي لا تكون قادرة على تطوير مقاومة جهازية مكتسبة.

ومن المعتقد أن التعبير عن الجينات التي تشفر للبروتينات المرتبطة بتولد المرض في النباتات هو أقصر الطرق لتقييم ما إذا كان ظهورها مجرد ارتباط بتطور المقاومة الجهازية المكتسبة، أم أنها تلعب دوراً نشطاً في المقاومة (عن Kavanagh & Spillane 1995).

جينات المقاومة الطبيعية فى العائل

نعنى بجينات المقاومة الطبيعية فى العائل تلك التى تكون خاصة بأصناف معينة ضد فيروسات معينة، حيث يكون النوع النباتى الذى تنتمى إليه تلك الأصناف قابل للإصابة - بصورة عامة - بالفيروسات التى تقاومها تلك الأصناف، وتلك حالة تختلف عن كل من حالة فرط الحساسية التى أسلفنا بيانها، وحالة مقاومة نوع نباتى ما لجميع سلالات فيروس ما. وجدير بالذكر أن حالة المقاومة التى نعنيها هنا هى التى اعتمد عليها مربو النباتات لسنوات عديدة فى تربية أصناف مقاومة للفيروسات، وفى معظم الأحيان كانت تلك المقاومة بسيطة، بينما كانت حالات المقاومة الكمية أو التى يتحكم فيها عدد محدود من الجينات oligogenic resistance هى الاستثناء للقاعدة

وعلى الرغم من التعرف على عديد من تلك الجينات فإنه لا يعرف عن غالبيتها شيئاً، باستثناء تحديد الموقع الكروموسومى التقريبى لبعضها؛ الأمر الذى أعاق الاستفادة منها فى عمليات التحول الوراثى.

ولقد كان الجين التبغ N أول جينات المقاومة للفيروسات التى تم عزلها لأجل الاستخدام فى عمليات التحول الوراثى. يوفر هذا الجين مقاومة لفيروس موزايك التبغ ومعظم الفيروسات الأخرى من عائلة الـ tobamovirus ونظراً لأن سلالات فيروس

موزايك التبغ يمكنها إصابة أكثر من ٢٠٠ نوع نباتي، بما في ذلك معظم الباذنجانيات، فإنه يتبين مدى أهمية تحويل النباتات وراثياً بهذا الجين. كانت البداية بتحويل طماطم قابلة للإصابة بفيرس موزايك التبغ بالجين N، مما أدى إلى إكسابها صفة المقاومة

ومن بين الحالات القليلة التي دُرست فيها تلك الجينات على المستوى الجزيئي وجرت محاولات للاستفادة منها جين المقاومة Rx في البطاطس، الذي يضيف حالة المقاومة القصوى extreme resistance - وهي حالة تعترّب من المناعة immunity - ضد فيروس إكس البطاطس، حيث يُوقف الجين - تماما - تكاثر الفيروس

تبدأ تفاعلات حالة المقاومة القصوى عندما يبدأ البروتين المسئول عن إنتاجه الجين Rx التعرف على موقع معين من الغلاف البروتيني للفيروس، حيث يتوقف تكاثر الفيروس وما أن يُستحث الجين على إظهار نشاطه في المقاومة فإن تلك المقاومة تكون فعالة - بذات الدرجة - في تثبيط تكاثر فيروسات أخرى لا علاقة تربطها بفيرس إكس البطاطس ولقد كللت بنجاح محاولات التحويل الوراثي لكل من البطاطس، و *N benthamiana*، و *N. tabacum*، وكانت النباتات التي حولت وراثياً تامة المقاومة (عن Kavanagh & Spillance ١٩٩٥، و Walsh ٢٠٠٠)

التحول الوراثي بجينات نباتية المصدر تشفر لبروتينات مضادة للفيروسات

توجد فئة من البولي ببتيدات تعرف باسم مضادات الفيروسات، أو البروتينات المثبطة للريبوسومات ribosome-inactivating proteins، وأمكن التعرف عليها في عدد من الأنواع النباتية، منها حنيفة عنب الذئب أو عنب الثعلب pockweed (وهي *Phytolacca americana*)، التي أمكن التعرف فيها على ثلاثة أنواع من البروتينات المضادة للفيروسات pockweed antiviral proteins (اختصارا PAPS)، هي PAP و يوجد في الأوراق الربيعية، و PAPII و يوجد في الأوراق الصيفية، و PAPS و يوجد في البذور، ويرجع دورهم في تثبيط الريبوسومات إلى قدرتهم على تحويل الرنا الريبوسومي، ومن ثم إحداث تعرض مع ترجمة شفرة البولي ببتيدة وقد أوضحت الدراسات أن النشاط المضاد للفيروسات لتلك البروتينات يحدث نتيجة لدخولها في الـ cytosol (من