الهندسة الوراثية لمقاومة النيماتودا

إن من أهم جينات المقاومة الطبيعية للنيماتودا التى استعملت أو يمكن استعمالها فى عمليات التحول الوراثى لمقاومة النيماتودا، ما يلى:

١ - الجين $Hs1^{pro-1}$:

كان من أوائل الـ R-genes الفعالة ضد النيماتودا - والتى أمكن عزلها والاستفادة منها عن طريق تقنيات الهندسة الوراثية - الجين $Hs1^{pro-1}$ الذى عُزِلَ من النوع *Beta procumbens*، وهو نوع برى من البنجر يكسبه هذا الجين مقاومة للنيماتودا المتحوصلة *Heterodera schachtii*. وقد أدى نقل هذا الجين إلى سلالات بنجر قابلة للإصابة بتلك النيماتودا إلى جعلها مقاومة لها.

٢ - الجين Mi:

كان جين المقاومة الثانى فى الدراسة الـ Mi gene المسئول عن مقاومة الطماطم لكل من *Meloidogyne incognita*، و *M. arenaria*، و *M. javanica*. وقد أوضحت الدراسات تواجد ثلاثة مواقع على دنا الطماطم بها تماثل فى هذا الـ R-gene، تبين أن إحداها كان جينًا كاذبًا pseudogene، بينما كان الآخران جينين محتملين نشطين أعطيا الرمزين Mi.1.1، و Mi.1.2، وتبين أن الثانى (Mi.1.2) هو الذى يكسب النباتات المحولة وراثيًا به المقاومة للنيماتودا. وتبين أيضًا أن هذا الجين يكسب النباتات - كذلك - مقاومة ضد من البطاطس *Macrosiphum euphorbiae*.

٣ - الجين Hero:

تم عزل الجين Hero من الطماطم، وهو جين يكسب النباتات مستوى واسعًا من المقاومة لنيماتودا البطاطس المتحوصلة، حيث يعطى ٩٥٪ مقاومة ضد *Globodera rostochiensis*، وأكثر من ٨٠٪ ضد *G. pallida*. يقع الجين على الكروموسوم الرابع فى منطقة تحتوى على ١٤ جينًا متماثلاً homologous genes، منها ٨ تبدو كجينات فعالة ونشطة. يتماثل الجين Hero فى نحو ٣٢٪ من الأحماض الأمينية التى يشفر لها مع الجين Mi.1.2، ولكن بنسبة تماثل قدرها ٢١٪ فقط مع الجين Gpa2 (عن Atkinson وآخرين ٢٠٠٣).

٤ – الجين Cre3 لمقاومة النيماتودا *Heterodera avenae* فى القمح.

٥ – الجين Gro1 لمقاومة نيماتودا الحوصلات بالبطاطس.

٦ – من بين استراتيجيات مقاومة النيماتودا – كذلك – هندسة التعبير الجينى لمركبات سامة للنيماتودا، مثل المركب cystatin – وهو proteinase inhibitor من الأرز – الذى أدى نقل الجين المسئول عن إنتاجه إلى نبات *A. thaliana* إلى إكسابه مقاومة لكل من نيماتودا الحوصلات ونيماتودا تعقد الجذور (عن Bent & Yu ١٩٩٩).

٧ – مثبطات إنزيم البروتييز كمضات للنيماتودا:

تتواجد الأنواع الأربعة المعروفة لمثبطات إنزيم البروتييز protease (وهى: الـ cysteine، والـ serine، والـ aspartyl، والـ metallo) فى النباتات. وغالبًا ما تتراكم فى أنسجة نباتية معينة استجابة للجروح التى تحدثها آكلات الأعشاب. كذلك تتراكم مثبطات البروتييز فى عديد من البذور، مثل الأرز، والذرة، ودوار الشمس، واللوبيا. ويلعب بعضها دورًا فى التحكم فى الإنبات. وتشكل تلك المثبطات مكونًا طبيعيًا يدخل ضمن غذاء الإنسان، والحيوانات الزراعية، والثدييات الأخرى، والطيور. وتتغلب بعض الثدييات على التأثير الذى تحدثه تلك المثبطات بزيادة إفرازاتها الطبيعية من الإنزيم عند غذائها على علائق غنية بها.

ومن أبرز الأمثلة على مثبطات البروتييز السيرين serine المثبط لإنزيم التربسن trypsin، والذى يتواجد فى بذور اللوبيا (يعطى الرمز CpTI). وجد أن التعبير عن هذا المركب CpTI فى البطاطس المحولة وراثيًا يؤثر فى عملية التكاثر الجنسى للنيماتودا المتطفلة *Globodera pallida* فى بداية الإصابة؛ مما يؤدى إلى سيادة أعداد الذكور الأصغر حجمًا والأقل ضررًا (Atkinson وآخرون ٢٠٠٣).

٨ – يجرى الباحثون محاولات لتحويل النباتات وراثيًا لأجل جعلها أقل صلاحية لتغذية النيماتودا وتطورها داخل جذور النباتات بعد اختراقها لها، كما هو الحال بالنسبة لاستخدام جين التبغ TobRB7 الذى يؤثر – خاصة – على الخلايا العملاقة التى يتحتم تكوينها لاستمرار النمو الطبيعى للنيماتودا (عن Bent & Yu ١٩٩٩).

وبالإضافة إلى جينات المقاومة الطبيعية للنيماتودا، فقد استعمل – كذلك – فى عمليات التحول الوراثى لمقاومة النيماتودا جينات خاصة بإنتاج البروتينات البللورية من بعض سلالات البكتيريا *Bacillus thuringiensis*؛ الأمر الذى سنتناوله بالتفصيل فى الفصل التالى من هذا الكتاب.