

الحجيرات التي تكون محجوزة فيها؛ فيما يعرف باسم compartmentalization) حيث تعمل على تثبيط ريبوسومات العائل.

وقد أوضحت الدراسات - كذلك - أن عدوى النباتات بثلاثة فيروسات مختلفة - فى آن واحد - هى فيروس إكس البطاطس، وفيروس واى البطاطس، وفيروس موزايك الخيار - أن الـ PAP تسبب فى مقاومة النباتات للعدوى الميكانيكية بكل من فيروس إكس البطاطس وفيروس واى البطاطس، وأن مستوى المقاومة ارتبط إيجابياً بمستوى الـ PAP فى السلالات المحولة وراثياً، وأن السلالات التى احتوت على مستوى عال من الـ PAP كانت مقاومة - كذلك - لفيروس موزايك الخيار (عن Kavanagh & Spillane 1995).

ومن الأمثلة الأخرى لحالات التحول الوراثى لمقاومة الفيروسات، والتى استخدمت فيها جينات نباتية مضادة للفيروسات، ما يلى:

- 1 - الجين ribonuclease الذى حُصل عليه من الخميرة واستعمل فى تحويل البطاطس وراثياً، حيث جعلها مقاومة لفيروس الدرنة المغزلية spindle tuber viroid.
- 2 - الجين β -1,3-glucanase الذى استعمل فى التحويل الوراثى لعدد من النباتات، حيث جعلها مقاومة لعدد من الفيروسات (عن Bent & Yu 1999).

التحول الوراثى بجينات من الثدييات

جينات تكوين الأجسام المضادة

إن جهاز المناعة الذى تتميز به الثدييات يوفر لها مراقبة فعالة ضد مسببات المرضية التى قد تهاجمها، بإكسابها القدرة على إنتاج أعداد كبيرة من الأجسام المضادة antibodies الخاصة بأنتيجينات معينة. ولقد توجه تفكير الباحثين إلى أن تحويل النباتات وراثياً بالجينات المسئولة عن تكوين تلك الأجسام المضادة ربما يفيد فى حمايتها من مختلف الإصابات المرضية.

ولقد كانت المحاولات الأولى للتعبير عن الـ monoclonal antibodies (اختصاراً: mAbs) فى النباتات واستمرار بقاء مستوى عالٍ من النشاط الرابط binding activity

[للأنتيجينات] فى النباتات المحولة وراثياً .. كانت مخيبة للآمال، وكان مرد ذلك إلى استعمال cDNAs - لك mAbs - التى أشفرت لكل جزئ الجسم المضاد الطبيعى، وهو الذى تبين عدم ثباته فى الخلايا النباتية. ولقد حُلَّت تلك المشكلة بدرجة كبيرة بتطوير أجسام مضادة صغيرة mini antibodies تحتوى - فقط - على الأجزاء الفعالة الرئيسية الضرورية للتعرف على الأنتيجين والارتباط معه، والتى أظهرت قدرًا أكبر من التبات فى الخلايا النباتية

ولقد اتبعت تلك الطريقة فى تطوير نباتات تبغ محولة وراثياً على درجة عالية من المقاومة للعدوى لفيرس تبرقش وتغضن الخرشوف artichoke crinkle mottle virus، حيث احتوت على mAb ذات سلسلة واحدة single chain mAb موجية نحو الغلاف البروتينى للفيرس، كانت هى السبب فى المقاومة التى ظهرت على صورة تأخر فى ظهور أعراض الإصابة بعقدار ٥-١٤ يوماً بعد عدوى النباتات بتركيز من الفيرس وصل إلى ١٠٠٠ ضعف الحد الأدنى للتركيز الذى يلزم لإحداث الإصابة فى النباتات العادية. وتبين أن تلك المقاومة كانت بسبب حدوث ربط binding للفيرس مع الـ mAbs (عن Kavanagh & Spillane ١٩٩٥)

إنزيم الشدييات oligoadenylate synthase

تفرز الخلايا الحيوانية مركبات تعرف باسم إنترفرونات interferons أثناء تكاثرها وازديادها عددياً، وذلك استجابة لمؤثرات خارجية، وخاصة الإصابات الفيروسية ليس لهذه الأنترفرونات - بذاتها - أى نشاط مضاد للفيروسات، ولكنها تستحث تمثيل بروتينات إضافية هى التى تقوم - مباشرة - بتثبيط تكاثر الفيرس، ومنها 2'-5' oligoadenylate synthetase ينشط هذا الإنزيم فى وجود رنا مزدوج يتكون أثناء تكاثر فيروسات الرنا وما أن ينشط الإنزيم حتى يقوم بعمل بلمرة للـ ATP إلى صورة oligomeric تقوم - بدورها - بتنشيط ribonuclease معين، ليقوم بتحليل الرنا الفيروسي والخلوى

وتوجد أدلة على أن بعض مكونات ذلك المسار المضاد للفيروسات توجد فى

النباتات؛ مما يفيد بأن التعبير عن الـ cDNA الخاص بالـ oligoadenylate synthetase الذى يوجد بالتدييات ربما يكسب النباتات التى تحول وراثياً به مقاومة غير متخصصة ضد الفيروسات (عن Kavanagh & Spillance ١٩٩٥).

ولقد أمكن تحويل البطاطس وراثياً بجين التدييات الخاص بإنتاج الإنزيم 5'-2' oligoadenylate synthetase، الذى يعد أحد مكونات نظام الإنترفيرون الذى يعمل فى التدييات كمضاد للفيروسات. عُزل هذا الجين من الفئران، ونقل إلى البطاطس بالاستعانة ببكتيريا الأجروباكتيريم. وقد كانت نباتات البطاطس التى عُبرَ فيها عن الجين - والتى حقنت بغيرس إكس البطاطس - أقل احتواءً على هذا الفيروس فى كل من الأوراق والدرنات عما كان عليه الحال فى النباتات غير المحولة وراثياً (Truve وآخرون ١٩٩٣).

كما أوضحت الدراسات أن الإنترفيرون interferon الآدمى ينشط - كذلك - ضد الفيروسات النباتية؛ فقد وفر - فى إحدى الدراسات - حماية للنباتات من الإصابة بغيرس موزايك التبغ، إلا أن دراسات أخرى كثيرة أوضحت عدم جدواه فى توفير تلك الحماية. وقد ترجع تلك الاختلافات إلى التركيز العالى نسبياً للإنترفيرون الذى استخدم فى المعاملة؛ إذ إن التركيزات المنخفضة فقط هى التى تكون نشطة فى النباتات (عن Walsh ٢٠٠٠).

استعراض للإنجازات فى مجال التحول الوراثى لمقاومة الفيروسات

نقدم فى الجداول الأربعة التالية استعراضاً لما تم إنجازه فى مجال التحول الوراثى لمقاومة الفيروسات. يظهر فى جدول (١٤-٨) عرضاً لعدد الحالات التى استخدمت فيها مختلف جينات المقاومة للفيروسات، وبداية تطبيق كل حالة منها، وذلك حتى عام ١٩٩٥. وفى جدول (١٤-٩) نقدم قائمة بمختلف الجينات التى حُصل عليها من فيروسات معينة، والتى استعملت فى عمليات التحول الوراثى لمقاومة تلك الفيروسات فى عدد من الأنواع النباتية. ويقدم جدول (١٤-١٠) قائمة بعدد الأنواع المحصولية التى أنتجت فيها نباتات مقاومة للفيروسات حتى بداية عام ١٩٩٥. أما جدول (١٤-١١)