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

ولقد أمكن تحويل البطاطس وراثيًّا بجين الثدييات الخاص بإنتاج الإنزيم 2′-5′ oligoadenylate synthetase، الذى يعد أحد مكونات نظام الإنترفيرون الذى يعمل فى الثدييات كمضاد للفيروسات. عُزل هذا الجين من الفئران، ونقل إلى البطاطس بالاستعانة ببكتيريا الأجروباكتيرم. وقد كانت نباتات البطاطس التى عُبِّرَ فيها عن الجين - والتى حقنت بفيرس إكس البطاطس - أقل احتواء على هذا الفيرس فى كل من الأوراق والدرنات عما كان عليه الحال فى النباتات غير المحولة وراثيًّا (Truve وآخرون ١٩٩٣).

كما أوضحت الدراسات أن الإنترفيرون interferon الآدمى ينشط - كذلك - ضد الفيروسات النباتية؛ فقد وفر - فى إحدى الدراسات - حماية للنباتات من الإصابة بفيرس موزايك التبغ، إلاّ أن دراسات أخرى كثيرة أوضحت عدم جدواه فى توفير تلك الحماية. وقد ترجع تلك الاختلافات إلى التركيز العالى نسبيًّا 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 استعراضًا لما تم إنجازه فى مجال التحول الوراثى لمقاومة الفيروسات. يظهر فى جدول (١٠-٨) عرضًا لعدد الحالات التى استخدمت فيها مختلف جينات المقاومة للفيروسات، وبداية تطبيق كل حالة منها، وذلك حتى عام ١٩٩٥. وفى جدول (١٠-٩) 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 (١٠-١٠) قائمة بعض الأنواع المحصولية التى أنتجت فيها نباتات مقاومة للفيروسات حتى بداية عام ١٩٩٥. أما جدول (١٠-١١)

فتظهر به حالات التحول الوراثى لمقاومة الفيروسات التى أجريت عليها اختبارات حقلية فى الولايات المتحدة حتى عام ١٩٩٩.

جدول (١٠-٨): أنواع الجينات التى استعملت فى هندسة نباتات وراثيًا لمقاومة الفيروسات، ومصادرها حتى بداية عام ١٩٩٤ (عن Grumet ١٩٩٥).

نوع الجين	مصدر الجين	عام نشر أول حالة	عدد الحالات
Coat protein	فيروسى	١٩٨٦	٤٤
Satellite	فيرس تابع	١٩٨٧	٦
Antisense, sense defective RNAs	فيروسى	١٩٨٨	١٥
Replicase	فيروسى	١٩٩٠	٨
Defective-interfering sequences	فيروسى	١٩٩٠	٣
Movement protein	فيروسى	١٩٩٣	١
Protease	فيروسى	١٩٩٣	١
Antibody	حيوانى	١٩٩٣	١
Interferon-related protein	حيوانى	١٩٩٣	١

جدول (١٠-٩): جينات المقاومة للفيروسات التى استعملت فى عمليات التحول الوراثى حتى عام ١٩٩٧ (عن Nascari & Montanelli ١٩٩٧).

النبات	الفيرس	الجين
التبغ	Tobacco mosaic virus	Coat protein
التبغ	Tobacco ringspot virus	Satellite RNA
التبغ	Cucumber mosaic virus	Satellite RNA
التبغ	Alfalfa mosaic virus	RNA 4
التبغ – الطماطم	Alfalfa mosaic virus	Coat protein
التبغ	Cucumber mosaic virus	CP/antisense RNA
التبغ	Potato Virus X	CP/antisense RNA
الطماطم	Tobacco mosaic virus	Coat protein
الطماطم	Tomato mosaic virus	Coat protein
التبغ	Tobacco rattle virus	Coat protein

تابع جدول (١٠-٩).

الجين	الفيرس	النبات
Coat protein	Tobacco streak virus	التبغ
Coat protein	Potato virus X	البطاطس
Antisense RNA	Tobacco mosaic virus	التبغ
Coat protein	Soybean mosaic virus	التبغ
Nonstructural	Tobacco mosaic virus	التبغ
Coat protein	Potato leaf roll virus	البطاطس
Coat protein	Potato virus Y	البطاطس
Coat protein	Potato virus S	*Nicotiana debneyii*
Defective DNA	African cassava mosaic virus	*N. benthamiana*
Coat protein	Tomato spotted wilt virus	التبغ
Coat protein	Alfalfa mosaic virus	البرسيم الحجازى
CP/antisense RNA	Potato leaf roll virus	البطاطس
Coat protein	Papaya ringspot virus	التبغ
Coat protein	Potato virus S	البطاطس
Coat protein	Arabis mosaic virus	التبغ
Coat protein	Cymbidium mosaic virus	التبغ
Coat protein	Plum pox virus	المشمش
Coat protein	Papaya ringspot virus	*Dendrobium*
Coat protein	Watemelon mosaic virus II	*N. benthamiana*
Coat protein	Zucchini yellow mosaic virus II	*N. benthamiana*
Coat protein	Plum pox virus	*Nicotiana* spp.
Satellite RNA	Cucumber mosaic virus	الطماطم

جدول (١٠-١٠): الأنواع النباتية التى أنتجت فيها نباتات مقاومة للفيروسات حتى بداية عام ١٩٩٤ (عن Grumet ١٩٩٥).

المحصول	عدد الحالات المنشورة	الفيروسات
التبغ	٣٧	AlMV, ArMV, CMV, PVX, PVY, TEV, TGMV, TMV, TRV, TSV, TSWV
البطاطس	١٠	PLRV, PVY

تابع جدول (١٠-١٠).

المحصول	عدد الحالات المنشورة	الفيروسات
الطماطم	٥	AlMV, CMV, TMV, TYLCV
الخيار	١	CMV
الكنتالوب	٢	CMV, ZYMV
البرسيم الحجازى	١	AlMV
الباباظ	١	PRSV
الذرة	١	MDMV
الأرز	١	RSV
لفت الزيت	١	TYMV

جدول (١٠-١١): حالات التحول الوراثى لمقاومة الفيروسات التى أجريت عليها اختبارات حقلية فى الولايات المتحدة، حتى عام ١٩٩٩ (عن Malik ١٩٩٩).

المحصول	الجين	الفيرس
البرسيم الحجازى	Coat protein	Alfalfa mosaic
الشعير	Coat protein	Barley yellow dwarf
البنجر	Coat protein	Beet necrotic yellow vein
الذرة	Coat protein	Maize chlorotic mottle
الذرة	Coat protein	Maize chlorotic dwarf
الذرة	Coat protein	Maize dwarf mosaic
الخيار	Coat protein	Cucumber mosaic
الخيار	Coat protein	Cucumber mosaic, waltermelon mosaic 2, zucchini yellow mosaic
الجلاديولس	Coat protein	Bean yellow mosaic
الخس	Nucleocapsid	Tomato spotted wilt
القاوون	Antisense coat protein	Zucchini yellow mosaic
القاوون	Coat protein	Cucumber mosaic, papaya ringspot, watermelon mosaic2, zucchini yellow
القاوون	Coat protein	Waltermelon mosaic 2, zucchini yellow mosaic
الباباظ	Coat protein	Papaya ringspot

تابع جدول (١٠-١١).

المحصول	الجين	الفيرس
الفول السودانى	Coat protein	Tomato spotted wilt
الفول السودانى	Nucleocapsid	Tomato spotted wilt
البطاطس	Coat protein	Bean yellow mosaic
البطاطس	Antisense coat protein	Potato leaf roll
البطاطس	Coat protein	Potato leaf roll
البطاطس	Coat protein	Potato virus X
البطاطس	Coat protein	Potato virus Y
البطاطس	Antisense coat protein	Potato virus Y
البطاطس	Coat protein	Tobacco vein mottling
البطاطس	Coat protein	Barley yellow dwarf
البطاطس	Coat protein	Tobacco rattle
البطاطس	Antisense coat protein	Tobacco rattle
البطاطس	17 Kda	Barley yellow dwarf
البطاطس	17 Kda	Potato leaf roll
البطاطس	VPg	Potato leaf roll
البطاطس	Replicase	Potato leaf roll
البطاطس	Protease	Potato leaf roll
البطاطس	Coat protein	Tobacco vein mottling
البطاطس	Coat protein	Potato virus X, potato virus Y
البطاطس	Coat protein	Porato Virus X, potato virus Y, potato leaf rool
البطاطس	Coat protein	Potatc virus Y, potato leaf rool
البرقوق	Coat protein	Papaya ringspot
فول الصويا	Coat protein	Soybean mosaic
الكوسة	Coat protein	Papaya ringspot
الكوسة	Coat protein	Cucumber mosaic
الكوسة	Coat protein	Cucumber mosaic, papaya ringspot
الكوسة	Coat protein	Watermelon mosaic 2, zucchini yellow mosaic
الكوسة	Coat protein	Cucumber mosaic papaya ringspot watermelon mosaic2, zucchini yellow mosaic viruses

تابع جدول (١٠-١١).

المحصول	الجين	الفيرس
التبغ	Antisense coat protein	Tobacco etch
التبغ	Coat protein	Tobacco etch
التبغ	Coat protein	Potato virus Y
التبغ	Coat protein	Alfalfa mosaic
التبغ	Coat protein	Beet curly top
التبغ	Coat protein	Tobacco vein mottling
التبغ	Cylindrical inclusion	Tobacco vein mottling
التبغ	Helper component	Tobacco vein mottling
الطماطم	Nucleocapsid	Tomato spotted wilt
الطماطم	CBI	Beet curly top
الطماطم	Coat protein	Tomato yellow leaf curl
الطماطم	Coat protein	Tomato mosaic
الطماطم	Coat protein	Cucumber mosaic
الطماطم	Replicase	Tobacco mosaic
البطيخ	Coat protein	Watermelon mosaic 2, zucchini yellow mosaic