وجد الباحثون أن جميع النباتات المحولة وراثيًا عبرت عن بروتينات الجينات التى نقلت إليها باستثناء تلك التى حولت وراثيًا بالـ WAI، وكان تركيز البروتينات الخاصة بمختلف الجينات أعلى فى النباتات التى حولت وراثيًا بالجينات المفردة عما فى تلك التى حولت وراثيًا بأزواج من الجينات. وقد أظهرت جميع النباتات التى عُبِّر فيها عن الـ GNA مستوى عاليًا من المقاومة لحشرة فراشة الطماطم، حيث انخفض الضرر بالأوراق عن ٥٠٪، مقارنة بالضرر الذى حدث بنباتات المقارنة. وبالمقارنة .. لم يكن للتعبير عن BCH أى تأثير على تلك الحشرة أما تأثير CpTI فكان مماثلاً لتأثير GNA على بقاء الحشرة وتكاثرها، ولكنه لم يوفر حماية من الضرر الحشرى على النبات.

هذا .. ويعطى جدول (١٥-٥) قائمة بعديد من الجينات ذات الأصل النباتى التى استعملت فى عمليات التحول الوراثى لمقاومة الحشرات.

مصادر أخرى لجينات التحول الوراثى لمقاومة الحشرات

من بين المصادر الأخرى لجينات التحول الوراثى التى استخدمت فى عمليات التحول الوراثى لمقاومة الحشرات بخلاف تلك التى أسلفنا بيانها (النباتات الراقية)، وتلك التى نختم بها هذا الفصل (البكتيريا *Bacillus thuringiensis*)، ما يلى:

١ - البروتين (الإنزيم) cholestrol oxidase:

أظهر البروتين cholestrol oxidase المتحصل عليه من راشح مزارع الـ *Streptomyces* سمية عالية ليرقات الـ boll weevil، ولقد أمكن نقل الجين المسئول عن إنتاج هذا الإنزيم إلى التبغ.

٢ - الجين ipt:

إن الجين ipt هو المسئول عن إنتاج الإنزيم isopentenyl transferase - الذى يوجد فى البكتيريا *Agrobacterium tumefacines*، والذى يعد إنزيمًا رئيسيًّا فى مسار تمثيل السيتوكينين. ولقد أدى تحويل التبغ والطماطم وراثيًّا بهذا الجين إلى ضعف تغذية يرقات الـ tobacco hornworm على أوراقهما، وكذلك ضعف معيشة وبقاء من الخوخ الأخضر *Myzus persicae* عليهما.

جدول (١٥-٥): الجينات ذات الأصل النباتى التى استخدمت فى مقاومة الحشرات (عن Slater وآخرين ٢٠٠٣)

الجين النباتى	البروتين الذى يشفر له الجين	مصدر الجين	الحشرات التى يؤثر فيها	النباتات التى حولت وراثيًا
Protease inhibitors	*Inhibited protease*			
C-II	Serine protease	فول الصويا	Coleoptera, Lepidoptera	لفت الزيت والحور والبطاطس والتبغ
CMe	Trypsin	الشعير	Lepidoptera	التبغ
CMTI	Trypsin	الكوسة	Lepidoptera	التبغ
CpTI	Trypsin	اللوبيا	Coleoptera, Lepidoptera	التفاح والخس ولفت الزيت، والبطاطس والأرز والفراولة ودوار الشمس والبطاطا والتبغ والطماطم والقمح
14K-CI	Bifunctional serine Protease and α-amylase	الحبوب		التبغ
MTI-2	Serine protease	السترد	Lepidoptera	الـ Arabidopsis والتبغ
OC-1	Cysteine protease	الأرز	Coleoptera, Homoptera	لفت الزيت والحور والتبغ
PI-IV	Serine protease	فول الصويا	Lepidoptera	البطاطس والتبغ
Pot PI-I	Proteinase	البطاطس	Lepidoptera, Orthoptera	البيتونيا والتبغ
Pot PI-II	Proteinase	البطاطس	Lepidoptera, Orthoptera	البتولا والخس والأرز والتبغ
KTi3, SKTI	Kunitz trypsin	فول الصويا	Lepidoptera	البطاطس والتبغ والأرز
PI-I	Proteinase	الطماطم	Lepidoptera	البرسيم الحجازى والتبغ والطماطم
PI-II	Proteinase	الطماطم	Lepidoptera	التبغ والطماطم

تابع جدول (١٥-٥):

الجين النباتى	البروتين الذى يشفر له الجين	مصدر الجين	الحشرات التى يؤثر فيها	النباتات التى حولت وراثيًا
α-Amylase inhibitors				
a-AI-Pv	α-amylase	الفاصوليا	Coleoptera	فاصوليا أدزوكى والبسلة والتبغ
WMAI-I	α-amylase	الحبوب	Lepidoptera	التبغ
14-K-CI	Bifunctional Serine protease and α-amylase	الحبوب	التبغ	
Lectins				
GNA	Lectin	زهرة اللبن الثلجية	Homoptera, Lepidoptera	العنب ولفت الزيت والبطاطس و الأرز والبطاطا وقصب السكر ودوار الشمس والتبغ
p-lec	Lectin	البسلة	Homoptera, Lepidoptera	البطاطس والتبغ
WGA	Agglutinin	جنين القمح	Lepidoptera, Coleoptera	الذرة
Jacalin	Lectin	Jack fruit	Lepidoptera, Coleoptera	الذرة
Rice lectin	Lectin	الأرز	Lepidoptera, Coleoptera	الذرة
Others				
BCH	Chitinase	الفاصوليا	Homoptera, Lepidoptera	البطاطس
Peroxidase	Anionic peroxidase	التبغ	Lepidoptera, Coleoptera, Homoptera	الصمغ والتبغ والطماطم
Chitinase	Chitinase			لفت الزيت
TDC	Tryptophan decarboxylase	*Catharanthus roseus*	Homoptera	التبغ

٣ – جينات من الثدييات

من بين بروتينات الثدييات التى أظهرت نشاطًا كبيرًا فى مقاومة الحشرات كلاً من: الـ bovine pancreatic trypsin inhibitor، و α-antitripsin، و spleen inhibitor، ولقد أمكن نقل الجينات التى تتحكم فى إنتاج تلك البروتينات إلى عدد من النباتات، إلاّ أن النتائج الأولية (مع فراشة درنات البطاطس على البطاطس) لم تكن مشجعة.

٤ – جينات من الحشرات

أدت جينات مثبطات البروتينيز المتحصل عليها من *Manduca sexta* مثل الـ anti-chemotrypsin، والـ anti-elastrase، التى عبر عنها فى القطن، وكذلك أدى إنزيم الـ chitinase الذى عبر عنه فى التبغ إلى خفض تكاثر كلا من الذبابة البيضاء *Bemisia tabaci*، و *Heliothis virescens*، على التوالى (عن Chawla ٢٠٠٠).

البروتينات البلورية للبكتيريا باسيلس ثورنجينسس

لقد عرف منذ نحو ٦٠ عامًا أن البروتينات البلّورية crystal proteins التى تنتجها البكتيريا *Bacillus thuringiensis* لها تأثيرات سامة على الحشرات، واستخدمت التحضيرات التجارية لتلك البكتيريا – بالفعل - فى مكافحة أكثر من ٥٠ نوعًا من حرشفيات الأجنحة هذا . إلاّ أن الاهتمام الحقيقى بها لم يبدأ إلاّ فى عام ١٩٨٥ بعد عزل الجين الخاص بأحد تلك البروتينات، ثم نقله إلى الطماطم بواسطة Fischhoff وآخرون فى عام ١٩٨٧؛ بهدف مقاومة يرقات حرشفيات الأجنحة فى ذلك المحصول (عن King ١٩٩٠)

وقد أعقب ذلك اكتشاف هذا البروتين ذاته فى عديد من سلالات هذه البكتيريا وتدريجيًا بدا واضحًا أن السلالة البكتيرية الواحدة يمكنها إنتاج عددا من تلك البروتينات كذلك أمكن التوصل إلى عدد من سلالات البكتيريا *B. thuringiensis* التى تفيد – مجتمعة – فى مكافحة مدى واسعًا من حرشفيات الأجنحة. كما أمكن التوصل إلى عدد قليل من السلالات ذات النشاط المضاد لغمديات الأجنحة (عن Hilder ١٩٩٠)