الفصل العاشر

التربية لمقاومة الآفات الأخرى

أولاً: التربية لمقاومة الحشرات والاكاروسات

ندمج مناقشتنا عن التربية لمقاومة الحشرات والاكاروسات معاً فى هذا الفصل ؛ لأنهما غالباً ما يُذكران معاً فى الدراسات العلمية الاستعراضية التى تتناول هذا الموضوع .

مقدمة

تقدر الخسائر المباشرة التى تسببها الحشرات بنحو ١٤ ٪ من الإنتاج العالمى لمختلف المحاصيل الزراعية . أما الخسائر المباشرة وغير المباشرة (مثل نقل الحشرات للفيروسات والأضرار التى تحدثها الحشرات للحبوب المخزنة) للحشرات والحيوانات الأخرى بمختلف أنواعها .. فربما تزيد على ٢٥ ٪ من المحصول العالمى لكافة النباتات المزروعة (عن Russell ١٩٨٧) . وبالرغم من ذلك .. فلم تحظ التربية لمقاومة الحشرات ، والآفات الحيوانية الأخرى غير النيماتودا بالقدر الذى تستحقه من الاهتمام الذى يتمشى مع ما تحدثه من خسائر . فمثلا .. يذكر Stoner (١٩٧٠) أن غالبية الأبحاث التى نشرت عن المقاومة للحشرات فى محاصيل الخضر – حتى عام ١٩٧٠ – لم تتعد تسجيل اختلافات بين الأصناف والسلالات المزروعة فى مقاومتها للحشرات . ولم يُنْتِجْ وينشر مربو الخضر زراعة أى صنف كانت فيه المقاومة للحشرات إحدى صفاته الهامة باستثناء صنف البطاطس سيكويا Sequoia الذى كان مقاوما لكل من الخنفساء البرغوثية ونطاطات الأوراق ؛ إلا أن

محاصيل الحقل حظيت بعناية أكبر نسبياً ؛ حيث أنتجت بعض الأصناف المقاومة لحشرات معينة .

وفيما مضى .. كان المزارعون مترددين فى استخدام الأصناف المقاومة للحشرات كبديل للمكافحة الكيميائية ، لكن مع ازدياد الرقابة على استخدام المبيدات ، وتعاظم الشروط التى يتعين الالتزام بها عند اتباع المكافحة بالمبيدات .. أصبح استخدام الأصناف المقاومة للحشرات يلقى قبولا متزايدا لدى كل من المنتج ، والمستهلك ، والمشرِّع على حد سواء . وفى الدول النامية ، حيث ربما لا تتوفر المبيدات المناسبة بالأسعار وفى الوقت المناسب للمكافحة .. فإن زراعة الأصناف المقاومة للحشرات يشكل عنصراً هاماً فى نجاح الزراعة وخفض نفقات الإنتاج .

وغنى عن البيان أن الاستثمار فى مجال التربية لمقاومة الحشرات ذو عائد مجز ؛ فمثلا .. قدرت تكاليف برامج التربية التى أجريت لإنتاج أصناف من القمح مقاومة لذبابة هسيّان Hessian Fly ، والـ Wheat Stem Sawfly ، ومن البرسيم الحجازى مقاومة لمنّ البرسيم الحجازى المبقع ، والنرة المقاومة لحفار ساق النرة الأوروبى .. قدرت بنحو ٩ر٣ مليون دولار . وفى المقابل .. بلغ التوفير الناتج من زراعة هذه الأصناف حوالى ٣٠٨ ملايين دولار سنوياً ، أو أكثر من ثلاثة بلايين دولار على مدى عشر سنوات ، وهى نسبة عائد تبلغ نحو ٣٠٠ : ١ (عن Tingey ١٩٨١) .

الوضع التقسيمى والأهمية النسبية للحشرات والأكاروسات

تنتمى الحشرات والأكاروسات إلى قبيلة المفصليات Phylum Arthopoda . ويزيد عدد الأنواع التى تضمها هذه القبيلة عما يوجد فى أية قبيلة أخرى . تتوزع هذه الأنواع على ثلاثة أقسام Classes رئيسية (هى : Myriapoda ، و Arachnide ، و Insecta) تضم – فيما بينها –جميع الأنواع التى تعتبر الآفات الرئيسية للمحاصيل المزروعة ، ولكنها تضم كذلك عددا من الأنواع النافعة . ونذكر – فيما يلى – بيان بهذه الأقسام الثلاثة .

أولاً : Class Myriapoda

يضم هذا القسم الحيوانات التى تعرف باسم Millipedes، وهى تتغذى على النباتات،

خاصة بنجر السكر ، والبسلة ، والفاصوليا ، والجزر ، والبطاطس ، ولم تعط هذه الآفات أهمية تذكر فى مجال التربية للمقاومة ؛ لأن أضرارها ليست كبيرة .

ثانيا : Class Arachnida

يضم هذا القسم الأكاروسات والعناكب Mites ، التى يعد بعضها من أكثر الآفات التى تحدث أضراراً للنباتات مثل العنكبوت الأحمر Red Spider Mite (أو العنكبوت ذات البقعتين Two Spotted Mite)الذى يسمى علمياً Tetranychus urticae . تتغذى هذه الآفة على مدى واسع جداً من الأنواع النباتية (مثل : الفاصوليا ، والطماطم ، والقرعيات ، والقطن ، وفول الصويا ... وغيرها) حيث تقوم بامتصاص العصارة من السطح السفلى للأوراق . وفى الإصابات الشديدة تصبح الأوراق مرقشة وصفراء ، أو برونزية اللون .

تكافح العناكب فى الحقل عادة بالرش بالمبيدات الأكاروسية Acaricides التى تشمل عديدا من المركبات العضوية الفوسفورية . وقد أدى استخدام هذه المبيدات على نطاق واسع لعدة سنوات إلى ظهور سلالات من العناكب مقاومة لها ، علما بأن السلالة المقاومة لمبيد ما تكون مقاومة كذلك لجميع المبيدات الأخرى التى من نفس المجموعة . ولذا .. اتجه الاهتمام نحو الوسائل الأخرى لمقاومة الآفة مثل المكافحة البيولوجية ، وتربية الأصناف المقاومة لها .

ففى مجال المكافحة البيولوجية .. استخدمت أنواع أخرى من العناكب المفترسة التى تنتمى للجنس Phytoseilus spp. ، وتعيش على افتراس عناكب أخرى مثل العنكبوت الأحمر . وقد أعطت هذه المفترسات نتائج جيدة تحت ظروف البيوت المحمية عندما أدخلت فيها فى الوقت المناسب ، الذى يكون قبل تكاثر الآفة بفترة قصيرة ، ولكن الأمر يتطلب عادة تزويد الصوبة الواحدة عدة مرات بالمن المفترس ليمكن الحصول على مكافحة تامة ؛ الأمر الذى يصعب تنفيذه على نطاق واسع .

أما فى مجال التربية للمقاومة .. فقد وجدت اختلافات وراثية كبيرة بين الأصناف النباتية فى قابليتها للإصابة بمختلف العناكب ، فمثلا :

١ - وجدت اختلافات وراثية بين أصناف الـ Black Current فى قابليتها للإصابة بالأكاروس Cecidophyopsis ribis (أو عنكبوت الثآليل Gall Mite) ، وتبين أن المقاومة

يتحكم فيها جين واحد سائد أعطى الرمز Ce ، أكسب هذا الجين النباتات مقاومة ضد فيرس Blackcurrent Reversion Virus الذى ينتقل بواسطة هذا الأكاروس .

٢ – اكتشفت مصادر فى القطن لمقاومة كل من العنكبوت الأحمر العادى T. urticae ، والعنبكوت الأحمر الصحروى T . desertorum

٣ – اكتشفت كذلك أصناف من فول الصويا مقاومة للعنكبوت الأحمر العادى .

وسنأتى خلال هذا الفصل على ذكر أمثلة لحالات أخرى للمقاومة . وجدير بالذكر أن الأكاروسات تتمتع بقدرة فائقة على تكوين سلالات مقاومة للمبيدات ، لذا .. فإنه من المنتظر ظهور سلالات مماثلة قادرة على كسر مقاومة الأصناف المقاومة .

ثالثاً : Class Insecta

يضم هذا القسم جميع الحشرات المعروفة موزعة على ثلاثة تحت أقسام كما يلى :

١ – Sub class Apterygota .

يضم حشرات بدائية عديمة الأجنحة معظمها عديم الأهمية من الوجهة الزراعية . ومن أهمها الـ Springtails ، وهى الحشرات التى تتبع رتبة Collembola التى يشيع وجودها فى معظم الأراضى ، محدثة أحيانا أضرارا بجذور بنجر السكر ، لكن معظمها يفيد فى المحافظة على خصوبة التربة . تكافح هذه الحشرات – عند الضرورة – بالمبيدات المناسبة ، ونظرا لقلة أهميتها .. فإنها لم تلق أى اهتمام من جانب مربى النباتات .

٢ – Sub Class Exopterygota .

يضم حشرات مجنحة فيها الحوريات nymphs عبارة صورة مصغرة للحشرات البالغة Miniature Adults ، ويشتمل على عدد كبير من أشد الآفات فتكاً بالمحاصيل الزراعية مثل : الجراد ، والمن ، ونطاطات الأوراق ، والتربس . وتصل الحوريات إلى طور الحشرة البالغة خلال سلسلة من المراحل الانسلاخية التى يطلق عليها اسم Instars .

يشتمل تحت القسم Exopterygota على ١٦ رتبة ، ولكن أكثر الآفات أهمية تنتمى إلى

ثلاث رتب فقط هى :

أ – رتبة مستقيمة الأجنحة Orthoptera :

تضم هذه الرتبة الأنواع المختلفة من الجراد ، وهى حشرة تتغذى على معظم النباتات الخضراء التى تجدها فى طريقها أثناء ترحالها . وقد وجد فى أمريكا الجنوبية أن صنف الذرة Armago يعد مقاوماً للجراد Schistocera paranesis ، وأن صفة المقاومة يتحكم فيها جين واحد متنح .

وبرغم أنه لم تجر محاولات جادة للبحث عن مصادر لمقاومة الجراد فى المحاصيل الأخرى ، إلا أن الأمر يستحق الدراسة . ومن الصفات الهامة التى يتعين أخذها فى الحسبان : مدى استساغة الجراد للمحصول ، ومدى قدرة المحصول على استعادة نموه سريعاً بعد تعرضه لأضرار تغذية الجراد عليه .

ب – رتبة هدبية الأجنحة Thysanoptera :

تضم هذه الرتبة التربس الذى يعد من الآفات الحشرية الهامة ، وينقل للطماطم فيرس البرونز المتبقع .

جـ – رتبة نصفية الأجنحة Hemiptera :

تضم هذه الرتبة حشرات صغيرة ذات أجنحة شفافة وأجزاء فم ثاقبة ماصة ، والتى منها : المن ، وبق النباتات Plant Bugs ، ونطاطات الأوراق . وقد أجريت عديد من برامج التربية لمقاومة المن فى عديد من المحاصيل ، منها : النجيليات ، والصليبيات ، والذرة، والبطاطس ، وبنجر السكر . كما أجريت كذلك دراسات على التربية لمقاومة الجاسيدز Jassids ، ونطاطات الأوراق فى عديد من المحاصيل ، مثل : القطن ، والأرز .

٣ – Sub class Endopterygota :

يضم أنواعا حشرية تنمو فيها الأجنحة داخل جسم الحشرة ، وتكوّن فيها الحشرات غير المكتملة النمو يرقات لا تشبه الحشرات البالغة فى الشكل أو السلوك ، ويحدث فيها الانسلاخ الكامل على ثلاث مراحل ، كما يلى :

أ – تقفس البيضة إلى يرقة نشطة عديمة الأجنحة ، يطلق عليها عادة اسم Grub ، فيما عدا فى رتبة حرشفية الأجنحة Lepidoptera ، حيث تسمى Caterpillar .

ب – تنمو اليرقة إلى عذراء عند اكتمال نموها ، وتلك مرحلة سكون ، تتغير خلالها الحشرة من يرقة إلى حشرة كاملة . يطلق على العذارى اسم Pupa ، فيما عدا فى رتبة حرشفية الأجنحة حيث تسمى Chrysalis .

جـ – تعطى العذراء الحشرة الكاملة التى تكون مجنحة عادة ، وهى التى تتكاثر وتنتشر .

يشتمل تحت قسم Endopterygota على ١١ رتبة ، تضم عددا كبيراً من الحشرات الضارة والحشرات النافعة ، ولكن أكثر الحشرات الضارة منها تنتمى إلى أربع رتب هى :

أ – رتبة غمدية الأجنحة Coleoptera (الخنافس Beetls ، والسوس (Weevils) .
ب – رتبة حرشفية الأجنحة Lepidoptera (الفراشات Butterflies ، والـ Moths) .
جـ – رتبة غشائية الأجنحة Hymenoptera (النباب المنشارى Sawflies) .
د – رتبة ذات الجناحين Dipera (الذباب Flies) .

وقد أجريت برامج تربية لمقاومة بعض أنواع السوس ، مثل القطن المقاوم للـ Boll Weevil . وتتوفر المقاومة للخنافس فى النجيليات ، كما فى القمح والشعير ضد خنفساء أوراق الحبوب (Oulema melanopus) التى تضع إناثها بيضا أقل عدداً على الأصناف المقاومة ، ويعيش عدد أقل من يرقاتها على تلك النباتات .

وتعمل الشعيرات الغزيرة التى توجد على أوراق وسيقان بعض النباتات على إعاقة عديد من الحشرات الحرشفية الأجنحة Lepidopterus عن وضع بيضها . ولذا .. فإن الانتخاب لزيادة كثافة تلك الشعيرات يفيد فى تقليل الضرر الذى تحدثه هذه الحشرات .

وكانت حشرة Wheat Stem Sawfly (Cephus cinctus) بالغة الخطورة فى أمريكا الشمالية ، إلى أن أنتجت الأصناف المقاومة ، ونشرت زراعتها على نطاق واسع . تتميز هذه الأصناف بأن سيقانها مصمتة Solid لا تتعرض للأضرار التى تحدثها يرقة الحشرة بالحزم الوعائية ، كما يحدث فى الأصناف القابلة للإصابة .

وتتوفر حالات قليلة – لكنها هامة – من المقاومة ضد الذباب (رتبة ذات الجناحين) ، مثل مقاومة القمح لذبابة هسيان Hessian Fly (Mayetiola destructor) .

وتشتمل تحت رتبة Apocrita على الطرز المجنحة مثل النحل والزنابير ، وكذلك الحشرات التى فقدت أجنحتها أثناء تطورها مثل النمل . ومعظم حشرات هذه التحت رتبة نافعة ؛ حيث تفترس الحشرات الضارة ، أو تتطفل عليها ، والقليل منها ضار بالمحاصيل الزراعية . ومن أمثلة الضار منها النمل قاطع الأوراق Leaf Cutter Ants . تُحدث هذه الحشرة أضراراً كبيرة فى أمريكا الجنوبية حيث تعيش على أجزاء الأوراق التى تقطعها من النباتات ، وتحملها إلى جحورها لتنمو عليها الفطريات التى تتغذى هى بدورها عليها . وهى تكافح برش الأوراق بالمبيدات الفطرية المناسبة ؛ فلا تنمو عليها الفطريات ، فيموت النمل جوعا . ويعتقد أنه من الصعب التربية لمقاومة حشرة كهذه (عن Russell ١٩٨٧) .

نبذة تاريخية

كان أول صنف تنسب إليه صفة المقاومة للحشرات هو صنف التفاح Winter Majetin الذى وصف فى عام ١٨٣١ بمقاومته للمن الصروفى Wooly Aphid (Eriosoma lanigerum) ، وكانت أولى الملاحظات المفصلة عن مقاومة القمح لذبابة هسيان (Mayetiola destructor) فى كاليفورنيا خلال الفترة من ١٨٨٦ إلى ١٨٩٢ .

وكانت أصناف العنب المقاومة لحشرة الفللوكسيرا Phylloxera (Phylloxera vitifoliae) قد صُدرت من الولايات المتحدة إلى فرنسا بعد فترة قصيرة من وصول الحشرة ذاتها إلى فرنسا – من أمريكا الشمالية – حوالى عام ١٨٦٥ . وفى خلال عشر سنوات أمكن مقاومة الحشرة بصورة جيدة بتطعيم الأعناب الفرنسية على الأعناب الأمريكية المقاومة (عن Jenkins ١٩٨١ ، وTingey١٩٨١) .

هذا .. ويمكن الرجوع إلى Vavilov(١٩٥١) بشأن مصادر المقاومة للحشرات فى النباتات التى كانت معروفة قبل عام ١٩٣٥ .

التقدم فى التربية لمقاومة الحشرات والاكاروسات

بينما لم تحظ الفاكهة بجهد كبير فى مجال التربية لمقاومة الحشرات ، فقد نالت

المحاصيل الحقلية قسطاً وافراً ومبكراً من الاهتمام فى هذا المجال . أما محاصيل الخضر فقد كانت وسطاً بينهما . ونظراً لأن معظم الأمثلة التى جاء ذكرها فى الأجزاء الأخرى من هذا الفصل هى لمحاصيل حقلية ، لذا .. فإننا نركز كل اهتمامنا فى هذا الجزء على محاولة التعرف على التقدم فى جهود التربية لمقاومة الحشرات فى محاصيل الخضر .

يعتقد أن التأخير فى إنتاج أصناف من الخضر مقاومة للحشرات كان مرده إلى مايلى:

١ – توفر عديد من المبيدات الحشرية الفعالة .

٢ – عدم اشتراك علماء الحشرات مع مربى الخضر فى جهود التربية لإنتاج أصناف مقاومة كما حدث بالنسبة للتربية لمقاومة الأمراض .

٣ – صعوبة تداول كائنين متقدمين – هما النبات والحشرة – فى آن واحد .

وكما أسلفنا فإن صنف البطاطس سيكويا Sequoia هو صنف الخضر الوحيد الذى أنتج – حتى عام ١٩٧٠ – وكانت مقاومة الحشرات إحدى صفاته الهامة ، حيث كان مقاوماً لكل من الخنفساء البرغوثية ونطاطات الأوراق . (عن Stoner ١٩٧٠) . إلا أن جهود التربية لمقاومة الحشرات والأكاروسات فى الخضر كانت سريعة ومتلاحقة بعد ذلك ، حيث أنتجت – على سبيل المثال – السلالات والأصناف المقاومة التالية (عن Tingey ١٩٨٠ ، و Schwarts & Hamel ١٩٨٠) .

المحصول	الصنف أو السلالة	الحشرات والأكاروسات التى تقاومها
اللوبيا	CR 17 - 1-13 CR - 13 - 1 CR 22 - 2 - 21	Cowpea Curculio
البطاطا	W - 13 & W- 178 Jewel	عديد من حشرات التربة Flee Beetles
الطماطم اللفت	Kewalo Charlestowne Roots	العنكبوت الأحمر من اللفت

هذا .. وتتوفر مصادر طبيعية لمقاومة عديد من الحشرات والأكاروسات فى كثير من محاصيل الخضر كما يلى (عن Stoner ١٩٧٠) .

المحصول	الحشرات التى تتوفر مصادر لمقاومتها
البطاطس	من البطاطس ، ومن الخوخ الأخضر ، ونطاط أوراق البطاطس ، وخنفساء البطاطس البرغوثية ، وخنفساء كلورادو ، والدودة السلكية .
الطماطم	الدروسوفيلا ، والعنكبوت الأحمر ، ونافقات الأوراق ، ومن البطاطس ، وخنفساء الدخان البرغوثية ، والذبابة البيضاء .
الذرة السكرية	دودة كيزان الذرة ، وحفار ساق الذرة الأوروبية .
الصليبيات	من الكرنب ، والفراشة ذات الظهر الماسى ، والخنفساء البرغوثية المخططة ، ومن الخوخ الأخضر .
الفاصوليا	خنفساء الفاصوليا المكسيكية ، ونطاطات الأوراق ، وتربس الفاصوليا .
فاصوليا الليما	نطاط أوراق البطاطس .
البسلة	من البسلة .
البصل	تربس البصل .
القرعيات	خنفساء الخيار المخططة ، وخنفساء الخيار المنقطة ، وحفار ساق الكوسة .
الخس	من جذور الخس .

ويعطى (Radcliffe & Lauer ١٩٦٦) نتائج تقييم عدد كبير من أنواع الجنس Solanum – التى تكوّن درنات – لمقاومة كل من من البطاطس ، ومن الخوخ الأخضر.

وقد أوضح حصر لجهود التربية لمقاومة الحشرات أنه خلال الفترة من ١٩٦٦ – ١٩٧٧ نشر أكثر من ١٥٠ بحثا فى أمريكا الشمالية تناولت مختلف جوانب الموضوع فى ٢٣

محصولا من الخضر مقابل ٥٠ بحثا على الفاكهة شملت تسعة أنواع محصولية فقط . أما المحاصيل الحقلية فتوجد فيها برامج نشطة للتربية لمقاومة الحشرات فى كل من البرسيم الحجازى ، و الفول السودانى ، و فول الصويا ، و القطن ، و الأرز ، و القمح ، و الشوفان ، و الشعير ، و الشيلم ، و ذرة المكانس (السورجم) ، وقصب السكر (Jenkins ١٩٨١) .

وجدير بالذكر أنه أنتج حتى عام ١٩٧٢ أكثر من ١٠٠ صنف مقاوم لأكثر من ٢٥ نوعا من الحشرات فى عدد من المحاصيل الحقلية أهمها : البرسيم الحجازى ، والشعير ، والأرز، والفاصوليا ، والسورجم ، والقمح ، وقصب السكر (Tingey١٩٨١) .

التقييم للمقاومة

يتعين على المربى الذى يقوم بالتربية لمقاومة الحشرات – أو الأكاروسات – أن يكون ملما بالحقائق التالية :

١ – دورة حياة الآفة بالتفصيل ، ليمكن التخطيط لإكثار الحشرة لإجراء اختبارات المقاومة .

٢ – بيولوجى وسلوك الآفة ، ليمكن التمييز بين المقاومة الوراثية وحالات الإفلات من الإصابة .

٣ – طريقة التغذية ، ليمكن تفهم ميكانيكية ، أو طبيعة المقاومة .

٤ – كيفية إحداث الحشرة للأضرار بالنبات ، لأنه قد تتوفر جينات مختلفة تمنع حدوث أنواع مختلفة من الأضرار .

ويتعين عند إجراء اختبارات المقاومة أخذ الأمور التالية فى الحسبان :

١ – اختيار الكثافة المناسبة من الآفة لإجراء اختبارات التقييم ، و هى التى تعطى أكبر قدر من التفريق بين النباتات المقاومة والنباتات القابلة للإصابة . فيجب ألا تقل كثافة الحشرات عن حد معين ، وإلا لن يمكن التعرف على عديد من التراكيب الوراثية القابلة للإصابة ، وكما يجب ألا تزيد عن حد معين ، و إلا لن يمكن التعرف على بعض التراكيب التى قد تكون مقاومة بدرجة جيدة فى الظروف الطبيعية . كما يجب أن يبقى مستوى كثافة

الحشرة ثابتا من اختبار لآخر .

٢ – تزداد فى اختبارات التقييم الأولية فرصة العثور على مصدر للمقاومة كلما ازداد عدد السلالات والأصناف المختبرة . ولذا .. يجب فى تلك المرحلة زيادة أعداد الأصناف المختبرة حتى لو كان ذلك على حساب التضحية بجزء من دقة الاختبار . أما فى الاختبارات التالية ، و أثناء برنامج التربية فلابد من مراعاة الدقة التامة فى اختبارات التقييم للمقاومة ، ليمكن التعرف على التراكيب الوراثية المقاومة فى الأجيال الانعزالية .

٣ – يفضل إجراء اختبار المقاومة فى عدة مناطق متباينة ، لأن ذلك يحقق ثلاث مزايا ؛ هى :

أ – إجراء الاختبارتحت ظروف بيئية مختلفة .

ب – احتمال تعرض النباتات لسلالات مختلفة من الآفة .

جـ – قيام أفراد مختلفين بتسجيل نتائج التقييم ، فيقل بذلك أثر العامل الشخصى (عن Painter ١٩٥١) .

اختبارات التقييم الحقلية بدون عدوى صناعية

تجرى عديد من اختبارات التقييم للآفات فى الحقول المكشوفة دون أية عدوى صناعية ، وتتوقف إمكانات نجاح ذلك على توفر الآفة المعينة بصورة وبائية . فعلى سبيل المثال .. أمكن فى المملكة المتحدة تقييم ٢٠٠٠ صنف من التفاح (تشكل الـ UK National Fruit Trials) لمقاومة الحشرات خلال موسم واحد تم خلاله إيقاف برنامج المكافحة العادى بالمبيدات . و برغم أن الغرض من إيقاف برنامج المكافحة كان تقدير مدى الضرر الذى يحدث لكل صنف من جراء الإصابات الحشرية ، إلا أن هذه التجربة أدت إلى اكتشاف حالات المقاومة التالية :

– أربعة عشر صنفا ذات مقاومة عالية جدا لمن التفاح الوردى Sappaphis mali .

– ثلاثة أصناف منيعة لمن التفاح الأخضر Aphis pomi .

– عديد من الأصناف المقاومة لحشرة Psylla mali (الـ Apple Sucker) .

– عديد من الأصناف المقاومة لحشرة Hoplocampa testudinea (الـ Apple sawfly)..

هذا .. وتتميز هذه الطريقة بسهولتها مع إمكان تقييم أعداد كبيرة من الأصناف ، و لكن يجب إجراء الاختبار فى المناطق والمواسم التى تشتد فيها الإصابة بالآفة ، كما تفضل زراعة نباتات شديدة القابلية للإصابة بين خطوط النباتات التى يراد تقييمها . ويعيب على هذه الطريقة أن نتائجها لاتكون دقيقة بالقدر الكافى ، و لكنها تفيد – على أية حال – فى التعرف على مصادر أولية للمقاومة يمكن اختبارها بطرق أكثر دقة بعد ذلك .

ـ اختبارات التقييم الحقلية مع العدوى الصناعية

يمكن تحفيز الإصابة تحت ظروف الحقل بإحداث عدوى صناعية محدودة يمكن أن تنتشر منها الإصابة فى باقى الحقل . ويمكن تحقيق ذلك بإحدى الطرق التالية :

١ – نثر أجزاء من أوراق مصابة على النباتات فى الحقل ، حيث تنتقل الآفة منها – بمجرد ذبولها – إلى النباتات التى يراد اختبارها ، و تفيد هذه الطريقة – خاصة –فى اختبارات المقاومة للمن .

٢ – وضع نباتات كاملة مصابة بشدة بالآفة المعنية فى أماكن متفرقة من الحقل ، حيث تنتقل الآفة منها – بمجرد ذبولها – إلى النباتات التى يراد اختبارها بطريقة أقرب ما تكون إلى العدوى الطبيعية .

٣ – زراعة خطوط من صنف قابل للإصابة بين خطوط النباتات التى يراد اختبارها ، مع عدوى نباتات هذا الصنف صناعيا .

٤ – زراعة خطوط من أحد الأنواع الشديدة القابلية للإصابة بالآفة المعنية – مبكرا – بين خطوط النباتات التى يراد اختبارها ، لكى تتوفر أعداد كبيرة من الآفة فى وقت مبكر من موسم النمو .

٥ – يتم فى حالة ثاقبات الذرة تربية الحشرة فى المعمل ودفعها لوضع البيض ، ثم تنقل كتل البيض إلى النباتات النامية فى الحقل ، وبذا ..تكون العدوى متجانسة وتجرى فى الوقت المرغوب . ولكن يجب عند اتباع هذه الطريقة استخدام أعداد كبيرة من الآفة تمثل العشائر الطبيعية منها ، على ألا تتسبب تربيتها المعملية فى أى تغيير فى سلوكياتها المتعلقة بالتغذية .

٦ – يمكن بالنسبة لآفات التربة تخصيص أحد الحقول لإجراء اختبارات التقييم بعدواه صناعيا فى البداية ، ثم المحافظة على استمرار تواجد الآفة فيه بزراعته من موسم لآخر بأحد الأصناف الشديدة القابلية للإصابة بتلك الآفة .

التقييم فى البيوت المحمية مع العدوى الصناعية

تسمح اختبارات البيوت المحمية بإجراء التقييم فى أى وقت ، وعلى أى مستوى من الإصابة يكون مرغوبا فيه . وإذا أجرى الاختبار فى طور البادرة فإنه يكون فى الإمكان تقييم أعداد كبيرة من النباتات .

ويتم فى اختبارات البيوت المحمية نقل الآفة إلى الصوبة لكى تتكاثر بداخلها ، أو قد يعدى كل نبات فيها بعدد معين من الحشرات .

وفى جميع الأحوال فإن اختبارات الصوبة والحقل تعد مكملة لبعضها ؛ حيث يلزم غالبا تكرار اختبارات الصوبة فى الحقل ؛ للتأكد من المقاومة تحت الظروف الطبيعية (عن Painter ١٩٥١، و Russell ١٩٧٨) .

بعض العوامل المؤثرة فى المقاومة

العوامل البيئية

إن لمختلف العوامل البيئية تأثيرات متنوعة فى مقاومة الآفات كما يلى :

١ – درجة الحرارة :

وجد – على سبيل المثال – أن درجة الحرارة المنخفضة التى تتعرض لها النباتات – قبل تعرضها للآفة – تؤدى إلى فقد مقاومة البرسيم الحجازى لمن البرسيم الحجازى المبقع Therioaphis maculata ، ومن البسلة ، وكذلك فقد مقاومة الذرة الرفيعة لحشرة Schizaphis graminum (الـ Greenbug) ؛ كما يفقد القمح مقاومته لحشرة الـ Hessian Fly فى درجات الحرارة الأعلى من ١٨°م .

٢ – شدة الإضاءة :

تبين أن ضعف الإضاءة يفقد بعض أصناف القمح مقاومتها لحشرة

Wheat Stem Sawfly ، كما وجد أن التظليل يفقد بنجر السكر والبطاطس مقاومتهما لحشرتى من الخوخ الأخضر Myzus persicae ـ وخنفساء كلوردو Leptinotarsa decemlieata على التوالى . وقد وجد فى حالة البطاطس أن التظليل يؤدى إلى خفض محتوى النموات الخضرية من الجليكوسيدات الاستيرودية Steroidal Glycosides التى تعرف بتأثيرها الضار على حشرة خنفساء كلورادو .

٣ – خصوبة التربة :

أوضحت الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن أن البرسيم الحجازى يفقد مقاومته لخنفساء البرسيم الحجازى المبقعة عند ارتفاع مستوى الآزوت والمغنيسيوم ، مع انخفاض مستوى البوتاسيوم والكالسيوم (Tingey ١٩٨١) . ومن المعروف أن نقص التسميد الآزوتى أو الفوسفاتى ، و زيادة التسميد البوتاسى يحد من النشاط الحشرى على النباتات.

ويستفاد مما تقدم ضرورة إجراء اختبارات التقييم للمقاومة فى ظروف بيئية متباينة حتى لاتنتخب نباتات تعتمد مقاومتها على توفر ظروف خاصة ، ولا تظهر فيما عداها . وأفضل وسيلة لتحقيق ذلك هى أن تعرض النباتات لظروف بيئية مماثلة للظروف التى تتعرض لها النباتات فى الطبيعة ؛ من حيث درجة الحرارة السائدة ، و التباين بين درجتى حرارة الليل والنهار ، و شدة الإضاءة ، و الرطوبة النسبية ، و خصوبة التربة ... إلخ .

ويلاحظ أن اختبار النباتات داخل أقفاص خاصة عازلة cages يؤدى حتما إلى خفض الإضاءة التى تتعرض لها ، و هو ما يلزم تجنبه . ولمزيد من التفاصيل عن تأثير العوامل البيئية على المقاومة ... يراجع Tingey & Singh (١٩٨٠) .

منظمات النمو

وجد أن المعاملة ببعض منظمات النمو مثل حامض الجبريلليك ، و الـ SADH ، والسيكوسل CCC لها تأثيرات مثبطة على النشاط الحشرى فى بعض النباتات . فمثلا .. أدت المعاملة بالـ CCC إلى الحد من نشاط وتكاثر من الكرنب Brevicoryne brassicae ومن الخوخ الأخضر Myzus persicae على الكرنب بروكسل ، ومَنّ الفاصوليا Aphis

fabae على الفول الرومى (عن Tingey ١٩٨١)

وراثة المقاومة

يمكن أن تكون وراثة المقاومة للحشرات والأكاروسات على أية صورة من الصور التى سبقت دراستها بالنسبة لمقاومة الأمراض ، فهى قد تكون بسيطة ، أو كمية ، أو oligogenic (أى يتحكم فيها عدد قليل من الجينات الرئيسية) ، وقد تكون جينات المقاومة سائدة ، أو متنحية ، أو ذات تأثير إضافى .

ويتحكم – أحيانا – جين واحد فى مركب ما – يعد مادة أولية Precourser – لتمثيل سلسلة من المركبات الأخرى التى قد يكون بعضها مسئولا عن مقاومة الآفة . وفى حالات كهذه .. قد تكون المقاومة بسيطة (إذا تحكم جين واحد فى تمثيل المادة الأولية) ، ولكنها تظهر فى عدة صور . كذلك قد يتحكم جين آخر فى تمثيل مركب ثان يعمل بدورة كمادة أولية لتمثيل سلسلة المركبات التى قد تتشابه أو تختلف مع مركبات السلسلة الأولى . وبذا .. يمكن أن يتحكم فى المقاومة زوجان من الجينات غير الأليلية اللذان قد يكونان مسئولين عن نظامين مختلفين أو نظام واحد للمقاومة .

ويبين جدول (١٠ – ١ ؛ تحت موضوع السلالات الفيسيولوجية) وراثة المقاومة لعدد من الحشرات فى بعض المحاصيل الاقتصادية الهامة ، و علاقة ذلك بظهور السلالات الفسيولوجية من الحشرات . ومن الأمثلة الأخرى للمقاومة البسيطة للحشرات ما يلى (عن Gallun & Kush ١٩٨٠) :

المحصول	الحشرة	وراثة المقاومة
القاوون	من القاوون Aphis gosypii	بسيطة وسائدة (الجين Ag)
الكوسة	خنفساء الخيار Acalymma vittatum	كمية والجينات ذات تأثير إضافى
الكوسة	(squah bug) Anasa tristis	كمية وسائدة جزئيا
القاوون	خنفساء القرع العسلى الحمراء Aulacophora foveicollis	بسيطة وسائدة (الجين Af)

السلالات الفسيولوجية وعلاقتها بوراثة وطبيعة المقاومة

السلالات الفسيولوجية

لم تواجه المربى مشاكل تذكر تتعلق بظهور سلالات فسيولوجية جديدة من الحشرات أو الأكاروسات قادرة على كسر المقاومة لتلك الآفات ، ويرجع ذلك إلى الأسباب التالية :

١ – تقل فرصة ظهور السلالات الفسيولوجية الجديدة من الحشرات والأكاروسات مقارنة بالأمراض الفطرية والبكتيرية والفيروسية ؛ نظراً لأن أعداد الحشرات فى الحقول المصابة بها تكون أقل كثيراً من أعداد مسببات الأمراض التى يمكن أن توجد فى الحقول المصابة بالأمراض ، ولايمكن أن تقارن بها مهما كانت شدة الإصابة بالحشرات .

٢ – ليس من السهل أن تظهر سلالات جديدة من الحشرات قادرة على كسر المقاومة التى تعتمد على صفات مورفولوجية معينة . فمثلا .. قد ترجع المقاومة إلى وجود شعيرات كثيفة على سطح الأوراق تعوق بعض الحشرات عن وضع بيضها على الأوراق والسيقان ، وتؤخر تطور اليرقات ، وتشل حركتها ، وتلك كلها صفات تحتاج إلى تغيرات تطورية كثيرة فى الحشرة ليمكنها التغلب عليها .

وجدير بالذكر أن ظهور سلالات فسيولوجية جديدة من الحشرات القادرة على كسر المقاومة لايجب أن يثبط من عزيمة المربى ، حيث يستدل من الخبرات السابقة فى هذا المجال أن هذه السلالات لا تقلل من أهمية المقاومة قبل مرور عدة سنوات من ظهورها ، كما يندر أن يحدث كسر تام للمقاومة فى مناطق شاسعة من المحصول المزروع بالصنف المقاوم .

ويبين جدول (١٠ – ١) عدد السلالات المعروفة من عدد من الآفات الحشرية الهامة .

جـــدول (١٠ – ١) : عـــدد الـسلالات المـعروفـة مـن عـدد مـــن الآفـات الحشـريـة الهـامـة (عن Van Emden ١٩٨٧) .

المحصول	الحشرة	عدد السلالات المعروفة منها
البرسيم الحجازى والبسلة	Acyrthosiphon pisum (من البسلة)	٧
التفاح	Dysaphis devecta من التفاح الوردى)	٣
الراسبرى	Amphorahora rubi (من الـ rubus)	٤
الأرز	Nilaparvata lugens (نطاط النبات البنى)	٤
العنب	Phylloxera vitifoliae (فيلوكسيرا العنب)	٢
الذرةوالسورجم	Phopalosiphum maidis (من أوراق الذرة)	٥
القمحوالسورجم	Schizaphis graminum (Greenbug)	٣
البرسيم الحجازى	Therioahis maculata (من البرسيم الحجازى المبقع)	٩
القمح	Mayetiola destructor (ذبابة هسيان)	٩
اللوبيا	Aphis craccivora (من الفول السودانى)	٢
كرنب بروكسل	Brevicoryne brassicae (من الكرنب)	٧

وفى المقابل .. فإنه تعرف حالات كثيرة ظلت فيها المقاومة ثابتة لسنوات عديدة ، ومن أمثلة ذلك ما يلى .

١ – مقاومة العنب لحشرة الفيلوكسيرا Phylloxera vitifolia .

٢ – مقاومة التفاح لمنّ التفاح الصوفى Eriosoma lanigerum.

٣ – مقاومة القطن للجاسيد .

٤ – مقاومة الأرز لنطاط الأوراق الأخضر .

علاقة وراثة المقاومة بظهور السلالات الجديدة

لقد ظهرت سلالات جديدة من الحشرات فى بعض حالات المقاومة البسيطة والمركبة على حد سواء ، ولكن ظهورها كان بمعدلات أعلى فى حالات المقاومة البسيطة (جدول ١٠–٢) .

ومن أمثلة المقاومة المركبة التى ظهرت فيها سلالات فسيولوجية جديدة ، مقاومة نبات الـrape (لفت الزيت) لمن الكرنب فى إنجلتر ونيوزيلندة .

جدول (١٠ – ٢) : العلاقة بين وراثة المقاومة للحشرات فى النباتات وظهور السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة (عن Russell ١٩٧٨) .

المحصول	الحشرة	وراثة المقاومة	وجود السلالات
القمح	Hessian fly	كمية – خمسة جينات سائدة وخمسة متنحية	توجد *
	Green bugs	بسيطة ومتنحية مع وجود جينات محورة	توجد *
	stem sawfly	كمية – جينات سائدة ومتنحية	لاتوجد
	خنفساء أوراق الحبوب	كمية	لا توجد
الشعير	Green bugs	زوجان من الجينات السائدة	توجد
القطن	دودة اللوز	غير معروفة	لا توجد
	الجاسيد	بسيطة وسائدة مع وجود جينات محورة	لا توجد
البرسيم الحجازى	المن المبقع	كمية	توجد
	من البسلة	جين سائد وآخر متنح	توجد
الأرز	ثاقبات الساق	كمية	لا توجد
	نطاطات النباتات	بسيطة وسائدة مع وجود جينات محورة متنحية	توجد *
	نطاطات الأوراق	بسيطة وسائدة	توجد *
الذرة	ثاقبات الساق الأوروبية	جين واحد سائد أو أكثر ، أوستيوبلازمية(أ)	لا توجد
	دودة كيزان الذرة	كمية	لا توجد
	من الأوراق	كمية سائدة وإضافية التأثير	؟
الصليبيات	من الكرنب	كمية	توجد
الخس	من الجذور	ستيوبلازمية	لا توجد
التفاح	المن الصوفى	بسيطة وسائدة	توجد *
الراسبرى	من الـ Rubus	بسيطة وسائدة	توجد

* تتضمن سلالات قادرة على كسر المقاومة

(أ) أدى الاعتماد على سيتوبلازم تكساس Texas Cytoplasm العقيم الذكر إلى زيادة الإصابة بثاقبات الذرة الأوروبية Ostrinia nubilalis .

هذا .. إلا أن كثيرا من السلالات المشار إليها فى جدول (١٠-٢) ليست سلالات حقيقية قادرة على كسر المقاومة ؛ لأنها تختلف عن بعضها البعض فى صفات مثل : الحجم، وقوة النمو ، وبعض الصفات المورفولوجية ، وتفضيلها الغذاء على نوع نباتى معين .

وبرغم كثرة حالات المقاومة البسيطة التى ظهرت فيها سلالات فسيولوجية جديدة ، إلا أنه توجد حالات أخرى من المقاومة البسيطة التى ظلت ثابتة لفترات طويلة حتى مع انتشار زراعة الأصناف المقاومة على نطاق واسع . ومن أبرز الأمثلة على ذلك أصناف القمح المقاومة للجاسيد ، وأصناف الحبوب الصغيرة المقاومة لخنفساء الأوراق .

وترجع الزيادة فى معدلات ظهور السلالات فى حالات المقاومة البسيطة إلى عدم حاجة الحشرة إلى أن يحدث بها تغيرات وراثية كثيرة ليمكنها التغلب على تلك المقاومة . ومع زراعة الصنف على نطاق واسع .. تزداد الفرصة أمام السلالة الجديدة لتتكاثر وتنتشر ، وقد تقضى على المقاومة فى سنوات قليلة كما حدث بالنسبة لمقاومة نطاطات الأوراق فى الأرز . وبالمقارنة .. فإن المقاومة الكمية أو الأفقية أكثر ثباتاً ؛ لأنها تكون فعالة ضد جميع سلالات الحشرة - بنفس الدرجة - كما فى حالات المقاومة الأفقية للأمراض (عن Gallun & Kush ١٩٨٠) .

وجدير بالذكر أن السلالات الجديدة للآفة تتغلب على نظام مقاومة العائل ، وليس على جينات المقاومة ذاتها . ويتأثر مدى ثبات المقاومة بعدد ونظم المقاومة للحشرة بدرجة أكبر من تأثرها بعدد الجينات المسئولة عن المقاومة ، وهو ما يعنى الاهتمام بإدخال عدة نظم للمقاومة فى آن واحد . ولكن .. نجد غالبا أن المقاومة الـOligogenic ، والكمية تتحكم فى أكثر من نظام Mechanism للمقاومة ؛ الأمر الذى يجعل من الصعب على الآفة أن تتغلب على عديد من طرز المقاومة فى آن واحد ، فلا تظهر منها سلالات جديدة قادرة على كسر المقاومة .

وبرغم أهمية المقاومة الكمية فى ثبات المقاومة ، فإن المقاومة البسيطة هى الأكثر استخداماً فى برامج التربية . ويرجع ذلك إلى وضوح الاختلافات بين النباتات المقاومة والقابلة للإصابة فى حالات المقاومة البسيطة ؛ مما يسّهل الانتخاب لصفة المقاومة ، كما أنها تنعزل بنسب متوقعة ، ويمكن إدخال الجين المسئول عن المقاومة فى أى صنف بسهولة .

علاقة طبيعة المقاومة بظهور السلالات الجديدة

كما سبق أن أوضحنا .. فإن كثيرا من حالات المقاومة التى ترجع إلى أسباب مورفولوجية تبدو ثابتة بدرجة كبيرة . فمثلا .. لم تظهر سلالات جديدة قادرة على إصابة أصناف القمح ذات السيقان المصمته المقاومة لحشرة الـ Sawfly ، أو أصناف الحبوب الصغيرة ذات الشعيرات الكثيفة المقاومة لخنفساء أوراق الحبوب ، أو أصناف القطن الغزيرة الشعيرات المقاومة للجاسيد .

كذلك يرتبط وجود مركبات معينة فى بعض النباتات بالمقاومة الثابتة للحشرات ؛ فعلى سبيل المثال .. ترتبط المقاومة لعدة حشرات بالمحتوى المرتفع من الصبغة البولى فينولية Gossypol فى القطن ، ويرتبط التركيز المرتفع لمادة 2,4- dihdroxy - 7 - methoxy - 2 H - 1,4- benzoxazin - 3- (4H) - one (اختصاراً : DIMBOA) فى الذرة بالمقاومة لحفار ساق الذرة الأوروبى كما يتضح من جدول (١٠ – ٣) .

جدول (١٠–٣) : العلاقة بين طبيعة المقاومة للحشرات وظهور السلالات الفسيولوجية الجديدة القادرة على كسر المقاومة .

طبيعة المقاومة	المحصول	الحشرة	وجود السلالات القادرة على كسر المقاومة
وجود شعيرات كثيفة بالأوراق	الحبوب	خنفساء الأوراق	–
		الجاسيد	–
		حفارات الساق	–
السيقان المصمتة	القمح	ذبابة الساق المنشارية	–
المحتوى المرتفع من السيلكا	الأرز	حفار الساق	+
نقص عناصر غذائية	الأرز	نطاطات النبات	–
مضادات حيوية كيميائية :			
Gossypol	القطن	عدة حشرات	–
Saponins	البرسيم الحجازى	المن	–
Benzyl Alcohol	الحبوب	Greenbugs	+
BIMBOA	الذرة	حفارات ساق الذرة الأوروبى	–
عوامل غير معروفة	القمح	ذبابة هسيان	+
	الراسبرى	المن	+
	الصليبيات	المن	+

(+) : توجد السلالات ، و (–) : لاتوجد السلالات .

تطبيق نظرية الجين للجين على المقاومة للحشرات

تعرف سلالات من حشرة ذبابة هسيان Hessian Fly أكثر مما يعرف من أية حشرة أخرى تصيب النباتات ، كما أنها أكثر الحشرات التى درست فيها وراثة الضراوة ، وطبقت عليها نظرية الجين للجين . وقد وجد أن صفة الضراوة فى هذه الحشرة يتحكم فيها خمسة جينات متنحية أعطيت الرموز a ، وk ، وm ، وs ، وt ، كما عرفت ثمان سلالات للحشرة (أعطيت الرموز GP ، وA ، وB ، وC ، وD ، وE ، وF ، وG) تختلف فى التركيب الوراثى لجينات الضراوة فيها حسب قدرتها ، أو عدم قدرتها على إصابة خمسة أصناف من القمح، كما هو مبين فى جدول (١٠ – ٤)

جدول (١٠–٤) : التركيب الوراثى الخاص بالضراوة لثمانى سلالات من ذبابة هسيان وعلاقة ذلك بقدرتها ، أو عدم قدرتها على إصابة خمسة أصناف من القمح .

صنف القمح					
Abe	Knox 62	Monon	Seneca	Turkey	السلالة
A-	K-	M-	S-	tt	GP
A-	K-	M-	ss	tt	A
A-	K-	mm	ss	tt	B
A-	kk	M-	ss	tt	C
A-	kk	mm	ss	tt	D
A-	K-	mm	S-	tt	E
A-	kk	M-	S-	tt	F
A-	kk	mm	S-	tt	G

أخذت رموز جينات الضراوة فى الحشرة من الحرف الأول فى اسم كلٍ من أصناف القمح الخمسة المفرّقة ، علما بأن الموقع الجينى المتنحى الأصيل يعنى قدرة الحشرة على إصابة الصنف الذى يختص به هذا الجين . فمثلا .. نجد أن جميع سلالات الحشرة تكون قادرة على إصابة الصنف Turkey الذى لا يحمل أى جينات للمقاومة ، وجميعها تحمل

الجين t بحالة متنحية أصيلة . وفى المقابل .. نجد أن جميع سلالات الحشرة غير قادرة على إصابة الصنف Abe؛ لأن أيا منها لا تحمل الجين A بحالة متنحية أصيلة ، وهو جين الضراوة اللازم توفره فى الحشرة لكسر مقاومة الصنف Abe . هذا .. بينما تكون كل واحدة من السلالات الأخرى قادرة على إصابة بعض أصناف القمح الخمسة ، وغير قادرة على إصابة بعضها الآخر حسب تركيبها الوراثى .

فمثلا .. نجد أن سلالة الحشرة GP غير قادرة على إصابة أى من أصناف القمح Seneca ، أو Monon ، أو Knox 62 ؛ لأنها لاتحمل جينات الضراوة التى تمكنها من إصابة هذه الأصناف بحالة متنحية أصيلة ، هذا بينما نجد السلالة A قادرة على إصابة الصنف Seneca ؛ لأنها تحمل جين الضراوة الذى يجعلها قادرة على إصابة هذا الصنف وهو الجين ss بحالة متنحية أصيلة . ويلخص جدول (١٠ – ٥) حالة المقاومة أو القابلية للإصابة فى أصناف القمح الخمسة لسلالات الحشرة الثمانى .

ولمزيد من التفاصيل عن وراثة المقاومة للآفات فى النباتات .. يراجع Gallun & Kush (١٩٨٠) .

جدول (١٠ – ٥) : استخدام الأصناف المفرقة Differential Varieties من القمح للتمييز بين سلالات حشرة ذبابة هسيان(أ) .

أصناف القمح	سلالات الحشرة وجينات الضراوة التى تحملها(ب)								
وجينات المقاومة	GP (لاتوجد)	A (s)	B (s,m)	C (s,k	D (s,m,k)	E (m)	F (k)	G (m,k)
Turkey (لا توجد)	S	S	S	S	S	S	S	S	S
(H7&H8) Seneca	R	S	S	S	S	R	R	R	R
(H3) Monon	R	R	S	R	S	S	R	S	S
(H6)Knox 62	R	R	R	S	S	R	S	S	S
(H5) Abe	R	R	R	R	R	R	R	R	R

(أ) S = قابل للإصابة (Susceptible) ، و R = مقاوم (Resistant)

(ب) الحروف الكبيرة ترمز إلى سلالات الحشرة ، والحروف الصغيرة خاصة بجينات الضراوة التى تحملها كل من هذه السلالات بحالة متنحية أصيلة ؛ فمثلا ... تحمل السلالة D جينات الضراوة s ، و m ، و k بحالة متنحية أصيلة ، أى إن تركيبها الوراثى : ss mm kk.

طبيعة المقاومة للحشرات والاكاروسات

قسم Painter (١٩٥١) طبيعة المقاومة للحشرات إلى ثلاثة طرز رئيسية ، وهى كما يلى:

١ – عدم تفضيل الحشرة التغذية على النبات Non - preference .. وهى الحالات التى تكون فيها النباتات غير جذابة ، أو غير مناسبة لأن تستعمرها الحشرة ، أو تضع بيضها عليها .

٢ – التضادية الحيوية Antibiosis .. وهى الحالات التى يتأثر فيها تطور وتكاثر الحشرة عند تغذيتها على النبات .

٣ – القدرة على التحمل Tolerance .. وهى الحالات التى يمكن فيها للنبات تحمل الإصابة بالحشرة دون أن يضار كثيرا من جراء ذلك .

ويضيف Russell (١٩٧٨) إلى ذلك طرازا رابعا هو تجنب الإصابة Pest Avoidancce ، وهى الحالة التى تفلت فيها النباتات من الإصابة بالآفة برغم قابليتها للإصابة بها ، ويضرب على ذلك مثالا بأصناف التفاح التى لا تصاب بعديد من الأنواع الحشرية لأن براعمها لا تتفتح إلا بعد الفترة التى يكون فيها تعداد الحشرة قد بلغ أقصاه . هذا .. إلا أن Painter (١٩٥١) وضع هذه الحالة ضمن ما أسماه بالمقاومة الكاذبة Pseudoresistance التى قسمها إلى ثلاثة طرز كما يلى :

١ – تجنب الإصابة Host Evasion ، أو Host Avoidance .. و هى ظاهرة الإفلات من الإصابة لعدم وجود الحشرة بأعداد كافية عندما يكون النبات فى مرحلة النمو المناسبة للإصابة ، ويرجع ذلك إلى أسباب وراثية خاصة بالصنف ذاته .

٢ – الإفلات من الإصابة Escape .. وهو الأمر الذى يحدث عند الزراعة فى المواعيد التى لا تتواجد فيها الحشرة بأعداد كافية . وهى ليست صفة وراثية .

٣ – المقاومة المستحثة Induced Resistance .. وهى الحالات التى يكتسب فيها النبات مقاومة للحشرات نتيجة تعرضة لظروف بيئية خاصة .

وجدير بالذكر أن المقاومة للحشرات أو الاكاروسات قد تكون تامة أو جزئية ، ولايجب

إهمال النوع الثانى فى غياب المقاومة التامة للحشرة ، لأن المقاومة الجزئية قد تغنى عن الرش بالمبيدات ، و تفيد فى مكافحة الآفة إذا وجدت بأعداد قليلة . إلا أن المقاومة الجزئية لا تفيد إذا وجدت الآفة بأعداد كبيرة ، أو إذا أصابت الجزء المستعمل فى الغذاء .

حالتا عدم تفضيل الحشرة التغذية على النبات والتضادية الحيوية

يكون النبات عائلاً غير مفضل Non - Preferred Host لحشرة ما عندما يتمتع بصفة وراثية لاتحفز تغذية الحشرة أو وضع بيضها عليه ، أو استعمارها له . وقد اقترح استعمال المصطلح عدم القبول Non - Acceptance بدلاً من عدم التفضيل Non - Pre-ference ؛ لأن المصطلح الأول يصف الحالة بصورة أكثر دقة ؛ حيث لاتقبل الحشرة التغذية على النبات المقاوم ، حتى إن لم تتوفر نباتات أخرى مناسبة لها بالقرب منه ، أى إن الحشرة لاتفضل عائلا على آخر ، ولكنها لاتقبل التغذية أساسا على الصنف المقاوم . كما اقترح آخرون استخدام مصطلح Antixenosis كبديل لمصطلح Non - Preference ؛ لأن الأخير يصف حالة الآفة ، بينما يصف الأول حالة النباتات التى تتجنبها الآفات أثناء بحثها عن غذائها ، أو مكان لوضع بيضها . وبالرغم من ذلك فإن مصطلح عدم التفضيل Non Preferencee مازال هو الأكثر شيوعاً .

ومن أمثلة حالات عدم التفضيل ما يلى :

١ – تكون حالة عدم التفضيل فى أصناف الراسبرى المقاوم لمن الراسبرى Amphorophora idaei قوية جدا لدرجة أن المن يتحرك بسرعة كبيرة على النباتات المقاومة .

٢ – فى البنجر المقاوم للمن .. لاتتحرك الحشرة على النبات ، ولكنها تكون ضَجِرة ومتململة restless ، وتكون تغذيتها لفترات قصيرة مقارنة بفترات تغذيتها على النباتات القابلة للإصابة ؛ ويترتب على ذلك ضعف تكاثر المن على النباتات المقاومة مقارنة بتكاثره على النباتات القابلة للإصابة .

وتوصف المقاومة فى المثالين السابقين بأنها مقاومة لاستقرار المن على النبات .

وتكاثرها . وتأخذ التضادية الحيوية فى النباتات عدة أشكال ، منها ما يرجع إلى أسباب مورفولوجية ، ومنها يرجع إلى أسباب كيميائية .

وتوجد معظم العوامل المسئولة عن المقاومة فى العائل قبل حدوث الإصابة بالآفة ، ونادراً ما تنشأ المقاومة نتيجة لحدوث تفاعل بين العائل والآفة ، مثلما يحدث فى عديد من حالات المقاومة للأمراض .

ومن حالات التفاعل القليلة المعروفة التحلل الموضعى الذى تحدثه بعض الحشرات الثاقبة الماصة ، والذى قد يؤدى إلى منع - أو إلى خفض - استمرار تغذية الآفة . ويعد ذلك من حالات فرط الحساسية ، وهى توجد فى أصناف التفاح المقاومة للمن الصوفى Eriosoma lanigerum ، وكذلك الأصناف المقاومة لمن التفاح الوردى Dysahis plantaginea.

ويكون من الصعب أحياناً التفريق بين حالتى عدم التفضيل والتضادية الحيوية ؛ لأن نفس آلية المقاومة غالباً ، ما تؤثر فى كل من درجة تفضيل الحشرة للتغذية على عائل معين وفى نموها وتكاثرها بعد تغذيتها عليه .

ولهذا السبب .. فإننا نتناول بالشرح فيما يلى مختلف آليات المقاومة - المورفولوجية والفسيولوجية - المسئولة عن كل من حالتى عدم التفضيل ، والتضادية الحيوية دونما تمييز :

١ - وجود الشعيرات على الأوراق

يرتبط وجود الشعيرات (الزغب) على الأوراق بمقاومة عديد من الحشرات والأكاروسات، سواء أكان هذا الزغب لشعيرات غير غدية Non-Glandular Pubescence (جدول١٠-٦)، أم لشعيرات غدية Glandular Pubescence (جدول ١٠-٧) (عن Tingey ١٩٨١) .

تعرف الشعيرات التى تشاهد على أوراق وسيقان النباتات باسم Trichomes ، وهى عبارة عن نموات وحيدة الخلية ، أو متعددة الخلايا تخرج من طبقة البشرة . ويعرف الزغب الذى ينشأ عن هذه الشعيرات باسم Pubescence .

جدول (١٠-٦) : أمثلة لحالات عدم تفضيل الحشرة ، أو الأكاروس للتغذية Non - preference؛ بسبب كثرة الشعيرات غير الغدية Non - glandular hairs على أوراق وسيقان النبات .

المحصول	الآفـــة	تأثيرات الشعيرات فى الآفة
القطن	(نطاط الأوراق) Empoasca Fascialis	منع وضع البيض والتغذية
	(العنكبوت الأحمر العادى) Tetranchus urticae	تقليل استقرار وتغذية الأكاروس
القمح	(خنفساء أوراق الحبوب) Oulema melanopus	تقليل وضع البيض وزيادة نسبة موت البيض واليرقات
فول الصويا	(نطاط أوراق البطاطس) Empoasca fabae	زيادة نسبة موت البيض واليرقات .
الفاصوليا	(نطاط أوراق البطاطس) Empoasca fabae	إمساك الشعيرات المعقوفة بالحشرة .
	(من اللوبيا) Aphis craccivora	إمساك الشعيرات المعقوفة بالحشرة .
البرسيم الحجازى	(نطاط أوراق البطاطس) Emposaca fabae	منع وضع البيض والتغذية .

وبرغم أن وجود الزغب قد يجعل النبات مقاوماً بإعاقته لتغذية الحشرة ، أو وضع بيضها على النبات ، أو تعلقها به ، إلا أن النباتات الملساء Glabrous قد تكون – بدورها – أكثر مقاومة لبعض الأنواع الحشرية . ويتوقف التأثير الميكانيكى للزغب على أربع صفات رئيسية للشعيرات ؛ هى : الكثافة ، والاستقامة erectness ، والطول ، والشكل .

وعندما تتصل الشعيرات بغدد خاصة فى قاعدتها فإنها تعرف حينئذ بالشعيرات الغدية . وتقوم هذه الغدد بإفراز مركبات خاصة منها : الألكواليدات Alkaloides ، والتربينات Terpenes، وهى مركبات سامة قد تقتل الحشرة بالملامسة ، أو تعمل كطارد لها . وفى بعض الأنواع النباتية تكون هذه الإفرازات لزجة لدرجة أنها تعمل على لصق أرجل الحشرة بالنبات وتشل حركتها .

ونستعرض فيما يلى نتائج بعض الدراسات التى أجريت على علاقة الشعيرات بنوعيها- الغدية وغير الغدية – بمقاومة الآفات :

جدول (١٠-٧) : أمثلة لحالات عدم تفضيل الحشرة ، أو الأكاروس للتغذية Non - Preference ؛ بسبب كثرة الشعيرات الغدية Glandular Hairs على أوراق وسقان النبات .

النوع النباتى	الآفـــة	تأثيرات الشعيرات فى الآفة
Solanum berthaultii	Myzus persica (من الخوخ الأخضر)	الإمساك بالآفة وشل حركتها
S. polyadenium	Macrosiphum euphorbiae (من البطاطس)	الإمساك بالآفة وشل حركتها
S. tarijense	Leptinotarsa decemlineata (خنفساء كلورادو)	الإمساك بالآفة وشل حركتها
	Tetranychus urticae (العنكبوت الأحمر العادى)	
S. berthaultii	Empoasca fabae (نطاط أوراق البطاطس)	الإمساك بالحشرة ومنع تغذيتها وشل حركتها
S . polyadenium	Macrosiphum euphorbiae (من البطاطس)	الإمساك بالحشرة
Lycopersicon spp.	Macrosiphum euphorbiae (من البطاطس)	الإمساك بالحشرة
	Tetranychus urticae(العنكبوت الأحمر العادى)	الإمساك بالأكاروس مع تأثير طارد وتسمم بالملامسة
	T. cinnabarinus	
	(ذبابة البيوت المخمية البيضاء)	
	Trialeurodes vaporariorum	الإمساك بالحشرة
Nicotiana spp.	Myzus persicae (من الخوخ الأخضر)	الإمساك بالحشرة
	Manduca sexta (Tobacco hornworm)	الإمساك بالحشرة
	Tetranychus urticae (العنكبوت الأحمر العادى)	الإمساك بالأكاروس وإحداث تسمم بالملامسة .

أ – الشعيرات غير الغدية :

(١) يتحدد مدى تأثير الشعيرات على نطاطات الأوراق بطريقة تغذيتها . فالأنواع التى تتغذى من اللحاء أو الخشب يتعين عليها أن تصل بالقليم Stylet إلى عمق كبير فى النسيج النباتى ؛ وبذاء .. فإن مجرد وجود شعيرات قصيرة قد يعيق تغذيتها . وبالمقارنة .. فإن الأنواع التى تتغذى على طبقة النسيج الوسطى mesophyll لاتتأثر تغذيتها بهذه الشعيرات .

(٢) يمكن أن يؤثر الزغب فى عملية هضم الغذاء فى اليرقات والحشرات الكاملة ؛ ففى خنفساء أوراق الحبوب Oulema melanopa التى تصيب القمح يتعين على اليرقة أن تأكل

الشعيرات لكى تصل إلى طبقة البشرة ، ويعنى ذلك ضرورة التهام اليرقة لكمية كبيرة من السليوز واللجنين ، وهما المكونان الرئيسيان للشعيرات ؛ ويؤدى ذلك إلى موت اليرقات الصغيرة ؛ نتيجة لعدم توازن الغذاء الذى يتشكل أساساً من مواد ليفية . كما وجد أن وزن اليرقات يتناسب عكسيا مع كثافة الشعيرات . هذا بالإضافة إلى أن اليرقات التى تتغذى على أصناف القمح ذات الشعيرات الكثيفة سرعان ما يمتلئ جهازها الهضمى بالشعيرات غير المهضومة التى يخترق بعضها جدر القناة الهضمية .

وقد حصل على نتائج مشابهة لذلك فى الفول ؛ حيث وجدت علاقة مماثلة بين الزغب ومقاومة الفول لخنفساء الفاصوليا المكسيكية Epilachna varivestis.

(٣) يؤثر الزغب كذلك فى وضع البيض ، ولكن طبيعة التأثير تختلف حسب الحشرة والعائل . فمثلا .. تكون سلالات القطن ذات الأوراق الزغبية أكثر صلاحية لوضع البيض من السلالات ذات الأوراق الملساء بالنسبة لحشرتى Heliothis zea H. virescens ، بينما نجد فى القمح أن الزغب يقلل بشدة من قدرة خنفساء أوراق الحبوب على وضع بيضها على الأوراق .

(٤) يختلف تأثير الزغب – فى المحصول الواحد – على مختلف الحشرات التى تصيبه . فمثلا .. نجد كما أسلفنا أن سلالات القطن ذات الأوراق الملساء أكثر مقاومة لـ Heliothis spp. ، بينما نجد أن نفس سلالات القطن – وبسبب نفس الخاصية – تكون أكثر قابلية للإصابة بكل من دودة ورق القطن Spodoptera littoralis ، ودودة اللوز An-thonomus grandis . إلا أن المقاومة لدودة اللوز التى يسببها وجود الزغب لا تكون فعالة عند تواجد الحشرة بكثافة عالية .

كذلك يتواجد نطاط أوراق القطن Pseudatomoscelis seriatus على أصناف القطن الزغبية الأوراق بدرجة أكبر منه على الأصناف الملساء الأوراق ، برغم أن الأصناف الملساء تكون أكثر قدرة على تحمل الإصابة .

(٥) قد تشل الشعيرات حركة بعض الحشرات التى تقف عليها ، فمثلا .. توجد فى بعض أصناف الفاصوليا شعيرات معقوفة hooked تشل تماماً حركة بعض الحشرات ذات

الأجسام الطرية مثل المن .

ب – الشعيرات الغدية :

أجريت معظم الدراسات عن تأثير الشعيرات الغدية على مقاومة الحشرات فى العائلة الباذنجانية . ويتباين تأثير إفرازات الغدد المتصلة بالشعيرات حسب نوع هذه الإفرازات كما يلى :

(١) تحتوى البطاطس البرية Solanum polyadenium ، و S.berthaultii ، و S. tariyense على شعيرات غدية كثيفة ، ويؤدى تمزق الجدر الخلوية لهذه الشعيرات بأى من نوعى المن : Myzus persicae ، أو Macrosiphnm euphorbiae إلى إفراز الغدد المتصلة بها لسائل رائق قابل للذوبان فى الماء ، يتحول بسرعة لدى تعرضه لأكسجين الهواء الجوى إلى مادة سوداء غير قابلة للذوبان ، تتصلب حول أرجل المن ؛ مما يؤدى إلى شل حركة الحشرة ، ثم موتها .

كذلك نجد أن الشعيرات الغدية ذات الأربعة فصوص Four-lobed التى توجد بأوراق وسيقان النوع S. polyadenium تفرز مادة لزجة تشل حركة يرقات خنفساء كولورادو Leptinotarsa decemlineata .

(٢) تفرز بعض شعيرات عديد من أنواع الجنس Nicotiana مواد ذات تأثير سام على المن ، وتتشابه أعراض التسمم مع تلك التى تحدث من جراء التسمم بالنيكوتين ، وهى : شلل الأرجل ، وفقدان التوازن ، والموت . وقد وجد أن بعض هذه الإفرازات تحتوى على نيكوتين، و anabasine ، و nornicotine .

كذلك وجد أن الإفرازات الورقية لكل من الـ Nicotiana spp. ، والـ Petunia spp. تعد سامة بالتلامس ليرقات الصغيرة لحشرة Manduca sexta .

٢ – لون الأوراق

ترجع معظم معلوماتنا عن انجذاب الحشرات نحو ألوان معينة إلى الدراسات التى أجريت على المن والتى أوضحت أن معظم أنواع المن تنجذب نحو الأوراق التى تعكس الضوء

فى مدى من ٥٠٠ – ٦٠٠ مللى ميكرون ، أى التى يتراوح لونها من الأصفر إلى الأخضر . ونجد فى معظم الحالات أن النباتات السليمة ذات اللون الأخضر القاتم تكون أقل جاذبية للحشرات من النباتات التى بدأت أوراقها فى الاصفرار . ومن الأمثلة المعروفة لحالات عدم التفضيل التى ترجع إلى اللون ما يلى :

أ – تكون نباتات القطن الحمراء اللون أقل جاذبية لحشرة Authonomus gradis من النباتات الخضراء إذا وجدا معاً .

ب – تكون نباتات الكرنب بروكسل الحمراء اللون أقل جاذبية لدودة الكرنب Pieris rapae من الأصناف الخضراء اللون .

جـ – تؤثر شدة الضوء المنعكس من أوراق الكرنب على توجه من الكرنب Brevicoryne brassiae ، حيث يكون الكرنب الأحمر أقل جاذبية للحشرة .

د – تكون أصناف الشوفان ذات الخلفات الحمراء وقواعد السيقان الزغبية أقل إصابة بحشرة Ocinella frit (الـfrit fly) من الأصناف الأخرى .

هـ – ترجع مقاومة صنف البصل Spanish White لحشرة التربس Thrips tabaci – ولو جزئياً – إلى لون نموه الخضرى الأخضر الفاتح .

٣ – سمك الجدر الخلوية

يزداد سمك الجدر الخلوية عند ترسيب السيليلوز واللجنين بها ؛ وهو الأمر الذى يؤدى إلى زيادة صلابة الأنسجة ومقاومتها للتمزق ، أو لمحاولات الحشرة لاختراقها أو لوضع بيضها فيها ومن أمثلة هذه الحالات ما يلى :

أ – وجد ارتباط بين صلابة أوراق الكيل والكرنب بروكسل ، وبين كمية النموات الخضرية التى تستهلكها خنفساء المسترد Phaedon cochleariae .

ب – وجد أن زيادة سمك جدر قرون اللوبيا تحد من اختراق حشرة Chalcodermus aeneus (الـ Cowpea curculio) للقرون .

جـ – يؤثر سمك الأوراق وصلابة الأنسجة الوعائية فى الإصابة بالجاسيد فى القطن .

٤ – طبقة الشمع السطحية المغطية للأوراق

تتباين استجابة الأنواع الحشرية لطبقة الشمع المغطية للأوراق . فمثلا .. تعد أوراق البروكولى الشمعية العادية أكثر مقاومة لخنفساء الكرنب البرغوثية Phyllotreta albionica من الطفرات ذات الأوراق اللامعة glossy . وبالمقارنة .. نجد أن حشرتى من الكرنب Brevicoryne brassicae ، والذبابة البيضاء Aleurodes brassicae تتكاثران بشدة على الأصناف الشمعية العادية من الكيل ، لكنهما لايستعمران النباتات غير الشمعية .

٥ – تركيز بعض المعادن فى أديم البشرة

تترسب السيليكا فى جدر خلايا البشرة فى عديد من النباتات ، خاصة فى النجيليات ، والنخيليات . كما توجد ترسبات لكربونات الكالسيوم فى صورة cytoliths فى نموات الجدر الخلوية لخلايا البشرة فى نباتات أخرى .

وقد تبين أن أصناف الأرز المقاومة لحشرة حفار ساق الأرز Chilo suppressalis يزيد فيها تركيز السيليكا بالأوراق إلى درجة تؤدى إلى تآكل أجزاء فم الحشرة . كذلك لوحظت زيادة شدة الإصابة بالحشرة عند زراعة القمح فى الأراضى الفقيرة فى السيليكون عنه فى الأراضى الغنية به . كما وجد ارتباط بين مقاومة الشيلم لحشرة Oscinella frit (الـ frit fly) وبين محتواه من السيليكا .

٦ – الساق المصمته والمواصفات الأخرى للساق

من أمثلة التباينات فى صفات الساق التى ترتبط بالمقاومة للآفات ما يلى :

أ – تقاوم أصناف القمح ذى السيقان المصمته حشرة Cephus cinctus (الـ Wheat Stem Sawfly) لعدم استطاعة نسبة كبيرة من بيض هذه الحشرة الفقس فى الأنسجة الوعائية لتلك الأصناف ، كما تضعف حركة اليرقات فيها .

ب – فى الجنس Cucurbita .. تعد السلالات ذات السيقان المتخشبة الصلبة التى تتميز بحزمها الوعائية المندمجة الصلبة المصدر الرئيسى لمقاومة حشرة Melittia cucurbita

(الـ Squash Vine Borer) ؛ حيث تعيق هذه الحزم الوعائية اختراق اليرقة للساق وتغذيتها عليه .

جـ – تمنع طبقة القشرة السمكية فى سيقان النوع Lycopersicon hirsutum حشرة من البطاطس Macrosiphum euphorbiae من الوصول إلى الحزم الوعائية للنبات .

٧ – الحواجز التى توجد فى طريق الإصابة

من أبرز الأمثلة على ذلك ارتباط المقاومة لدودة كيزان الذرة Heliothis zea فى الذرة السكرية بأغلفة الكوز الطويلة والسميكة مع تكدس الشرّابة فى قمة الكوز .

٨ – المركبات الطاردة للآفات

تعد بعض المركبات الكيميائية التى توجد طبيعياً فى النباتات طاردة للحشرات والأكاروسات ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

أ – بعض الزيوت العطرية التى توجد فى أصناف الطماطم المقاومة للعنكبوت الأحمر .

ب – يعيق أيون النترات – فى صورة نترات الأمونيوم – تغذية حشرة Sitona cylindricallis فى البرسيم الحلو sweet clover .

جـ – تعمل مركبات الـ Saponins التى توجد فى جذور بعض أصناف البرسيم الحجازى عى إعاقة تغذية حشرة Costelytra zealandica (الـ grass grub) .

٩ – غياب محفزات التغذية

تستجيب الحشرات لمختلف محفزات التغذية فى اختيار عوائلها ، ويؤدى غياب هذه المحفزات إلى حالة عدم التفضيل ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

أ – ترجع مقاومة صنف الأرز Mudgo لنطاطات النبات البنية إلى محتواه المنخفض من الحامض الأمينى aspargine الذى يعمل كمحضر لتغذية هذه الحشرة .

ب – ترجع مقاومة بعض الصليبيات لمن الكرنب إلى محتوى أوراقها المنخفض من مركب الـ sinigrin الذى يحدد انتخاب الحشرة لعائلها .

جـ – تنجذب حشرة Sitonia cylindricallis لمركب الكيومارين Coumarin الذى يعد أحد مكونات عائلها الرئيسى Melilotus spp. (عن Russell ١٩٧٨، و Norris & Kogan ١٩٨٠، و Van Emden ١٩٨٧) .

١٠ – المقاومة (التضادية الحيوية) التى ترجع إلى أسباب كيميائية

من أمثلة ذلك ما يلى :

أ – تعد إفرازات الشعيرات الغدية لعديد من الباذنجانيات (خاصة الأجناس Lycopersicon ، و Solanum ، و Nicotiana) سامة لعديد من الحشرات والأكاروسات . كذلك تثبط إفرازات شعيرات أوراق النوع Medicago disciformis نمو حشرة Hypera postica (الـ alfalfa weevil) عندما يكون تركيز هذه الإفرازات منخفضا ، بينما تقتلها عندما يكون تركيزها مرتفعا .

ب – اكتشفت ثلاثة مركبات ذات علاقة بمقاومة الذرة لحفار ساق الذرة الأوربى ، كما وجد أن الاختلافات بين الأصناف فى مركب واحد – على الأقل – من هذه المركبات يمكن استخدامها كدليل للانتخاب لمقاومة حشرة Ostrinia nubilalis .

جـ – ترتبط مقاومة القطن لعديد من الحشرات بالمحتوى النباتى المرتفع من مركب الـ gossypol .

د – ترتبط مقاومة القمح والشعير لحشرة الـ green bug بالتركيز المرتفع لمركب الـ benzyl alchol .

هـ – يحتوى أحد أصناف البرسيم الحجازى المقاوم للمن على تركيز مرتفع من الـ Saponins بالأوراق والسيقان .

و – تحتوى أوراق النوع L. hirsutum f. glabratum – المقاوم لعديد من الآفات ؛ منها : دودة ثمار الطماطم ، والـ carmine red spider mite – على مركب شديد السمية لهذه الآفات (عن Russell ١٩٧٨) .

ز – تلعب الكيوكربتسينات Cucurbitacins دورا مزدوجا فى المقاومة للحشرات فى

القرعيات ، فتوجد علاقة طردية بين تركيز الكيوكربتسينات وبين القابلية للإصابة بحشرة خنفساء الخيار فى الكوسة (Sharma & Hall ١٩٧١) ، بينما توجد علاقة عكسية بالنسبة للعنكبوت الأحمر فى الخيار ، حيث تكون النباتات الخالية من الكيوكربتسينات على درجة عالية من القابلية للإصابة .

وجدير بالذكر أن هذه المركبات التى اكتشفت سميتها للآفات قد تكون ضارة أيضا للإنسان . وربما قد تصدر مستقبلا قوانين تمنع زيادة تركيز هذه المركبات عن حد معين فى غذاء الإنسان ؛ الأمر الذى يقلل من الاعتماد عليها عند اختيار مصادر المقاومة فى برامج التربية (عن Jenkins١٩٨١) .

القدرة على التحمل

فى حالات القدرة على التحمل tolerance .. لا يتأثر نمو الآفة ، أو تطفلها ، أو تكاثرها بأية صورة من الصور ، إلا أن النباتات القادرة على تحمل الإصابة لا تتأثر كثيرا من جراء ذلك ، حيث ينمو النبات بصورة طبيعية ، ويعطى محصولا أعلى مما يعطى الصنف الحساس ، إذا ما أصيب كلاهما بنفس الآفة بنفس الدرجة .

ترجع حالة القدرة على تحمل الإصابة إلى التأثير المتجمع لعديد من صفات النمو النباتى التى يصعب – غالبا – التعرف عليها . ومن أمثلة هذه الصفات : قوة النمو ، وقدرة النبات على تعويض ما فقده من نمو من جراء تغذية الآفة عليه ، و القوة الميكانيكية للأنسجة والأعضاء النباتية . و من أهم مزايا القدرة على تحمل الإصابة أنها لا تشكل أى ضغط على الحشرة لتكوين سلالات فسيولوجية جديدة .

ومن أمثلة حالات القدرة على تحمل الإصابة ما يلى :

١ – تذبل أوراق بعض أصناف بنجر السكر بصورة نهائية بسرعة كبيرة عقب إصابتها بأعداد كبيرة من حشرة المن Myzus persicae ، بينما تبقى أوراق أصناف أخرى منتصبة تحت نفس الظروف ، وهى التى تكون أكثر تحملا للإصابة .

٢ – يعانى عديد من أصناف الكرنب بروكسل قليلا من الإصابة الشديدة بمن الكرنب ، بينما تتأثر أصناف أخرى بشدة لدى إصابتها بأعداد قليلة من الحشرة .

٣ – تؤثر الـ greenbugs فى نباتات الحبوب بامتصاص عصارتها ، و بإفراز سموم بالأوراق أثناء تغذيتها عليها ، و تتأثر بعض النجيليات بدرجة أقل بهذه السموم ، ربما بسبب قلة حساسيتها لها ، أو بسبب قدرتها على تحويل تلك الإفرازات إلى مركبات أخرى غير سامة للنبات (عن Russell ١٩٧٨) .

٤ – تتغذى يرقة حشرة Diabrotica virginifera على جذور نبات الذرة مسببة أضرارا تتراوح ما بين ضعف فى قدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية ، إلى ضعف التثبيت فى التربة ، و ما يتبعه من رقاد النباتات . وقد وجد أن أصناف وسلالات الذرة تختلف فى قدرتها على تكوين جذور جديدة لتحل محل الجذور المصابة . وتبين أن الأصناف القادرة على تحمل الإصابة كان نموها الجذرى – تحت ظروف الإصابة – أكبر منه تحت ظروف عدم الإصابة ، فى الوقت الذى نقص فيه النمو الجذرى للأصناف الحساسة – تحت ظروف الإصابة – بمقدار ٢٠ ٪ (عن Tingey ١٩٨١) .

طبيعة المقاومة للحشرات والاكاروسات فى بعض الأنواع النباتية

١ – جنس الطماطم Lycopersicon spp. :

تفرز الغدد المتصلة بالشعيرات الغدية فى بعض الأنواع التابعة للجنس Lycopersicon مواد متنوعة قد تعمل على إعاقة حركة الآفة ، و قد تكون سامة بالملامسة ، أو طاردة لها. تكسب هذه الإفرازات السلالات المنتجة لها مقاومة لكل من الآفات التالية :

Epitrix hirtipennis .

Trialeurodes vaporariorum .

Macrosiphum euphorbiae .

نوعين من الأكاروس .

وترجع مقاومة الطراز النباتى glabratum للنوع L. hirsutum – جزئياً – إلى وجود مبيدين حشريين ضمن إفرازات الطراز السادس type VI للشعيرات الغدية ، هما 2-undecanone ، و 2-tridecanone methyl ketones . أما المكونات الرئيسية المسئولة

عن المقاومة فى إفرازات الشعيرات الغدية للنوع L. hirsutum f. typicum ؛ فهى نوعان من الـ sesquiterpenes ، هما : زنجبرين zingiberene ، وجاماإيليمين gamma- ele-mene (Snyder وآخرون ١٩٨٧ ، و Weston وآخرون ١٩٨٩) ، كما لا يخلو الأمر من تأثير ميكانيكى كذلك لشعيرات الطراز الرابع على حركة الأكاروس (Good & Snyder ١٩٨٨) التى ارتبطت كثافتها بالمقاومة للأكاروس فى النوع L. hirsutum f. typicum (Weston وآخرون ١٩٨٩) .

هذا .. وقد وجد أن التركيز المرتفع لمركب 2-tridecanone فى السلالة P.I. 134417 من L. hirsutum f. glabratum يتحكم فيه ثلاثة أزواج – على الأقل – من الجينات المنتحية، و أن مقاومة حشرة Manduca sexta – فى هذه السلالة – ترتبط بالتركيز العالى لهذا المركب ، و يتحكم فيها نفس النظام الوراثى (Fery & Kenndy ١٩٨٧) .

أما النوع L. pennellii الذى يقاوم عديدا من الحشرات ، فقد وجد أن مقاومته ترجع إلى وجود إسترات سكر (sugar esters) ضمن إفرازات الطراز الرابع للشعيرات الغدية، علما بأن هذه الشعيرات لاتوجد طبيعيا فى الطماطم المزروعة وأن وجودها يورّث كصفة بسيطة سائدة يتحكم فيها زوجان من الجينات ، وأن أيا من هذين الجينين كاف لظهور الصفة (Goffreda وآخرون ١٩٩٠) .

كذلك تعد الجليكو ألكالويدات Glycoalkaloids (و هى steroidal gulcosides تحتوى على نتيروجين) – التى توجد فى جميع الأنسجة النباتية للباذنجانيات – طاردة ، أو سامة للحشرات التى تتغذى عليها ؛ فمثلا .. وجد أ ن زيادة تركيزها فى النموات الخضرية للطماطم يكون مصاحبا بزيادة فى مستوى المقاومة لحشرة Leptinotarsa decemlieata .

٢ – جنس البطاطس Solanum spp. :

تُسبب إفرازات الغدد المتصلة بالشعيرات الغدية فى عديد من أنواع البطاطس البرية شللاً لحركة عديد من الآفات الحشرية والأكاروسية ؛ منها ما يلى :

Myzus persicae
Macrosiphum euphorbiae
Leptinotarsa decemlineata

Epitrix harilana rubia
Tetranychus urticae
Empoasca faba
Epitrix cucumeris

كذلك يرتبط محتوى الجليكو ألكالويدات فى النموات الخضرية لبعض أنواع الخبس Solanum التى تكون درنات بالمقاومة لكل من :

Empoasca fabae
Leptinotarsa decemlineata

٣ – الفاصوليا :

تكسب الشعيرات المعقوفة hooked trichomes التى تبرز من خلايا بشرة الفاصوليا النباتات مقاومة لكل من الآفات التالية :

Aphis fabae
A. craccirora
Myzus persicae
Empoasca fabae

تخترق هذه الشعيرات أجسام الحشرات الصغيرة فى الأجزاء الطرية غير المتصلبة فى كل من البطن والأرجل . ويزيد مستوى المقاومة بزيادة كثافة هذه الشعيرات .

٤ – القرعيات Cucurbits :

أُرجعت المقاومة للآفات في القرعيات إلى عدة عوامل كما يلى :

أ – تحتوى مختلف القرعيات على ١٤ نوعاً على الأقل من مركبات تعرف بالكيوكربتسينات Cucurbitacins (تعرف بأنها : Tetracyclic triterpenoides and their glycosides) . وتعمل هذه المركبات كجاذبات للتغذية بالنسبة لكل من خنافس الخيار:

Diabrotica undecimpunctata
D. balteata

Acalymma vittata

ولكنها تعد طاردة أو سامة للعنكبوت الأحمر Tetranychus urticae .

ب – تحتوى سيقان الكوسة المقاومة لحشرة Melittia cucurbitae على أنسجة ملجننة بكثافة عالية تجعلها صلبة ومتخشبة ؛ الأمر الذى يحد من دخول اليرقات وتجولها فى الساق.

جـ – تتناسب مقاومة الكوسة لحشرة Diaphania nitadalis طردياً مع محتوى الثمار والنموات الخضرية من المواد الكربوهيدراتية .

د – وجدت كذلك علاقة طردية بين مستويات الأحماض الأمينية الكلية والمقاومة لحشرة Anasa tristis .

٥ – الصليبيات Crucifers :

تحتوى نباتات العائلة الصليبية كالكرنب ؛ والقنبيط ، والفجل ، وغيرها على مجموعة غير عادية من المركبات الكبريتية تعرف باسم الجلوكوسينولات Glucosinolates. وقد تبين أن هذه المركبات جاذبة أو منشطة لعديد من حشرات الصليبيات ، مثل :

Pieris brassicae
P. rapae
Plutella maculipennis
Listroderes costirostris obliguus
Phaedon cochleariae
Brevicoryne brassicae
Phyllotreata cruciferae
P. striolata

إلا أن هذه المركبات تعد سامة لعديد من الحشرات الأخرى .

وفى الكيل .. وجد أن المقاومة لحشرة Plutella maculipennis ترتبط بتزاحم واندماج خلايا الأوراق إلى درجة إعاقة اختراق اليرقات لها .

٦ – البصل :

يحتوى البصل على مركبات كبريتية ، تعطى البصل طعمة ومذاقة المميزين ، مثل : Methyl ,a - propyl & allyl sulfides .

وتعمل خمسة من هذه المركبات على الأقل كمنشطات وجاذبات لوضع بيض حشرة Hylema antiqua .

٧ – البسلة :

ترتبط المقاومة لحشرة Acyrthosiphon pisum بالنقص فى مستوى النيتروجين الكلى، ومستوى ٢٤ حامضاً أمينياً فى النموات الخضرية للبسلة (عن Tingey ١٩٨٠) .

مصادر إضافية عن طبيعة المقاومة

لمزيد من التفاصيل عن طبيعة المقاومة للحشرات فى النباتات ..يراجع : Beck (١٩٦٥)، و Wallace & Mansell (١٩٧٦) ، و Norris & Kogan (١٩٨٠) ، و Hedin (١٩٨٣) .

مصادر إضافية عامة عن المقاومة للحشرات والاكاروسات

نذكر – كمراجع عامة – عن المقاومة للآفات فى النباتات مايلى :

المرجع	الموضوع
Painter (١٩٥١)	شامل حتى عام ١٩٥١
Painter (١٩٥٨)	مكمل للمرجع السابق حتى عام ١٩٥٨
Maxwell وآخرون(١٩٧٢)	مكمل للمرجع السابق حتى عام ١٩٧٢
Russell (١٩٧٨)	شامل
Maxwell & Jennings (١٩٨٠)	شامل
Harris (١٩٨٠)	شامل
Tingey (١٩٨٠)	محاصيل الخضر
Daubeny (١٩٨٣)	الفاكهة
Hedin (١٩٨٣)	شامل
Van Enden(١٩٨٧)	شامل

ثانياً: التربية لمقاومة الآفات الحيوانية الأخرى

بالرغم من الأضرار الكبيرة التى تحدثها القارضات للنباتات الزراعية ، فلم تجر أية محاولات لإنتاج نباتات مقاومة لها . وقد اقتصرت جهود التربية لمقاومة الآفات الحيوانية الأخرى (غير الحشرات والأكاروسات ، والنيماتودا) على المقاومة لبعض أنواع الطيور فى الذرة الشامية والذرة الرفيعة ، والمقاومة للرخويات فى البطاطس .

مقاومة الطيور

أمكن تحقيق تقدم كبير فى مجال التربية لمقاومة طيور الـ Quelea ، والشحرور Blackbird ، والزرزور Starling ، وخاصة فى محاصيل الذرة ، والذرة السكرية ، والذرة الرفيعة . ومن الصفات الهامة التى تكسب النباتات مقاومة للطيور : وجود أشواك حادة ، أو أنسجة صلبة وسميكة ، أو احتواء النبات على مواد ذات طعم غير مقبول للطائر . ولمزيد من التفاصيل عن جهود التربية التى أجريت فى هذا المجال .. يراجع Bullard & York (١٩٨٥) .

مقاومة الرخويات

يمكن أن تتأثر نباتات البطاطس بشدة بالرخويات Slugs خاصة فى الأراضى الثقيلة . وتتوفر اختلافات بين أصناف البطاطس فى قابليتها للإصابة بتلك الآفة، حيث تعد الأصناف King Edward ، و Desiree ، و Redskin ، و Maris Piper شديدة القابلية للإصابة ، بينما تعد الأصناف Stormont ، و Entrprise ، و Pentland ، و Dell ، وMajestic متوسطة المقاومة (عن Russell ١٩٧٨) .

ثالثاً: التربية لمقاومة النباتات المتطفلة

مقاومة الهالوك

تتوفر مقاومة الهالوك Orobanche spp. فى عدد من المحاصيل الزراعية ؛ منها : الفول ، والطماطم ، وبعض الصليبيات ، وعباد الشمس ، والبيقة Vetch.

ففى الفول الرومى .. أُختُبِر ٥٣ صنفاً للمقاومة لنوع الهالوك O. crenata ، ووجِدَ أن الصنف Express أكثرها مقاومة . ووجد Boorsma (١٩٨٠) اختلافات كبيرة بين أصناف الفول الرومى فى مقاومتها لنفس نوع الهالوك . كذلك أمكن تحديد جين رئيسى واحد يتحكم فى المقاومة لنوع الهالوك O. aegyptiaca ، وربما تأثرت المقاومة ببعض الجينات الأخرى المجورة (Russell ١٩٧٨) . وفى مصر .. انتخبت سلالات من صنف الفول جيزة ٤٠٢ مقاومة للهالوك (عن Parker & Wilson ١٩٨٦) .

وفى جنس الطماطم . Lycopersicon spp .. لا يعرف أى مصدر لمقاومة الهالوك فى نوع الطماطم L . esculentum باستثناء الصنف Pzu - 11 الذى ذكر عنه أنه مقاوم لنوع الهالوك O. aegyptiaca ، ولكن تلك المقاومة لم تظهر لدى إعادة اختبارة . هذا ... إلا أنه أمكن التعرف على عدة مصادر للقدرة على تحمل الإصابة بأنواع الهالوك O. ramosa ، و O. crenata ، و O . minor فى بعض سلالات الأنواع البرية L. hirsutum ، و L. peruvianum ، و L. pimpinellifolium ، و L. esculentantum var. cerasiforme (Hassan & Abdel - Ati ١٩٨٦ و Kasrawi & Abu - Irmaileh ١٩٨٩) .

ويزرع فى روسيا أكثر من ٦٠ مليون هكتار من عباد الشمس المقاوم للهالوك ، كما تعرف المقاومة للهالوك فى كل من لفت الزيت B. campestris ، والمسترد B. junica .

وقد وجد فى عباد الشمس أن بذور الهالوك تنبت وتخترق جذور الأصناف المقاومة بصورة طبيعية ، إلا أنه بمجرد وصول ممصات الطفيل إلى أنسجة الخشب فى النبات ، فإنها تتلجن ويزداد سمكها بسرعة إلى درجة لا تسمح باختراق الطفيل لها ؛ مما يؤدى إلى موته لعدم استطاعته الحصول على حاجته من الغذاء .

وتعد المقاومة للهالوك فى عباد الشمس من الحالات النادرة التى ظهرت فيها سلالات فسيولوجية من النبات المتطفل قادرة على كسر المقاومة . وقد أمكن التعرف على ثلاث سلالات فسيولوجية من الهالوك تتطفل على هذا المحصول ، منها السلالة الأصلية ، وسلالتان أخريان كانتا قادرتين على كسر مصادر مختلفة للمقاومة .

مقاومة الستريجا

تتوفر المقاومة للنبات المتطفل Striga spp. فى بعض أصناف الذرة الرفيعة التى يتميز بعضها بعدم إنتاجها لمادة معينة تحفز إنبات بذور النبات المتطفل ، بينما يتميز بعضها الآخر إما بقدرتها على منع معصات الطفيل من اختراقها ، وإما بعدم توافقها مع الطفيل ؛ الأمر الذى يؤدى إلى ضعف نموه عليها بعد تعلقه بها (عن Russell ١٩٧٨) . كذلك اكتشفت المقاومة للنوع S. gesnerioides فى سلالتى اللوبيا Suvita-2 ، و 58-57 (عن Parker & Wilson ١٩٨٦) .