ونقوم فى هذا الفصل بإلقاء الضوء على تلك الخصائص والدور الذى تلعبه فى المقاومة بمزيد من التفصيل.

دور الخصائص النباتية المورفولوجية فى المقاومة

الشعيرات السطحية

إن الشعيرات السطحية trichomes عبارة عن امتدادات من خلايا البشرة بالأوراق، والفروع، والجذور تكون وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا، وتعرف حالة الغطاء الكلى من تلك الشعيرات باسم الزغبية pubescence.

تتفاوت الأنواع الحشرية فى استجابتها للشعيرات النباتية السطحية سواء أكانت تلك الشعيرات غدية glandular (جدول ١٤-١)، أم غيرغدية non-glandular (جدول ١٤-٢). فهى تحمى النباتات من بعض الحشرات بتعارضها مع قدرة الحشرات على العثور على موقع مناسب لوضع بيضها، أو تثبيت ذاتها عليه، أو تغذيتها، أو استعمارها له، كما تؤثر سلبيًا فى قدرة البيض على الفقس وعلى تطور اليرقات. وعلى الرغم من ذلك فإن الطرز الملساء تكون أحيانًا أكثر مقاومة لبعض الحشرات.

وتعتمد خاصية التأثير الفيزيائى للشعيرات السطحية على كثافتها، واستقامتها، وطولها، وشكلها.

وفى بعض الأحيان تتصل الشعيرات السطحية بغدد يُفرز منها مركبات أيض ثانوية، وقد ترجع خاصية المقاومة إلى محتوى تلك الإفرازات من المركبات ذات التأثير على الكائنات الأخرى allelochemicls، مثل الألكالويدات alkaloids والتربينات terpenes، والتى يمكنها قتل الحشرات بالملامسة أو قد تكون طاردة لها. وفى بعض النباتات تقوم الإفرازات اللزجة بلصق أجزاء فم الحشرات وشل حركة الصغيرة منها، بينما تقلل من تغذية الحشرات الأكبر حجمًا ومن فرصة عثورها على مكان مناسب لوضع بيضها (عن Sadasivam & Thayumanavan ١٩٩٥).

جدول (١٤-١): أمثلة لحالات عدم تفضيل الحشرة، أو الأكاروس للتغذية **non-preference**؛ بسبب كثرة الشعيرات غير الغدية **non-glandular hairs** على أوراق وسيقان النبات.

المحصول	الآفة	تأثيرات الشعيرات فى الآفة
القطن	(نطاط الأوراق) *Empoasca fascialis*	منع وضع البيض والتغذية
	(العنكبوت الأحمر العادى) *Tetranychus 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) *Empoasca fabae*	منع وضع البيض والتغذية.

جدول (١٤-٢): أمثلة لحالات عدم تفضيل الحشرة، أو الأكاروس للتغذية **non-preference**؛ بسبب كثرة الشعيرات الغدية **glandular hairs** على أوراق وسيقان النبات.

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

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

أولا: 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؛ وبذا .. فإن مجرد وجود شعيرات قصيرة قد يعيق تغذيتها. وبالمقارنة .. فإن الأنواع التى تتغذى على طبقة النسيج الوسطى mesophyll لا تتأثر 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 السيليلوز واللجنين، وهما المكونان الرئيسيان للشعيرات؛ ويؤدى ذلك إلى موت اليرقات الصغيرة؛ نتيجة لعدم توازن الغذاء الذى يتشكل أساسًا – حينئذٍ – 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 حُصل 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 عن السلالات ذات الأوراق الملساء بالنسبة لحشرتى *Heliothis zea*، و *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 للـ

Heliothis spp.، بينما نجد أن نفس سلالات القطن – وبسبب نفس الخاصية – نكون أكثر قابلية للإصابة بكل من دودة ورق القطن *Spodoptera littoralis*، ودودة اللوز *Anthonomus grandis*. إلا أن المقاومة لدودة اللوز التى يسببها وجود الزغب لا تكون فعالة عند تواجد الحشرة بكثافة عالية.

كذلك يتواجد نطاط أوراق القطن *Pseudotomoscelis 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 تمامًا حركة بعض الحشرات ذات الأجسام الطرية مثل المن.

ثانيًا: الشعيرات الغدية

أجريت معظم الدراسات عن تأثير الشعيرات الغدية على مقاومة الحشرات فى العائلة الباذنجية. 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 تعرف باسم طراز A (وهى ذاتها طراز VI فى الجنس *Lycopersicon*)، 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 – بسبب احتواء تلك الإفرازات على تركيز عالٍ من الإنزيم polyphenol oxidase – ثم تتصلب تلك المادة حول أرجل المنّ، مما يؤدى إلى شل حركة الحشرة. ثم موتها.

أما طراز B من الشعيرات الغدية للنوع *S. berthaultii* – وهو ذاته طراز IV فى

الجنس *Lycopersicon* – فإن شعيراته تتميز بطولها الملحوظ عن طراز A، وبإفرازها إسترات الجلوكوز والسكروز لأحماض دهنية تتكون من ٤–١٢ ذرة كربون، وهى تؤدى إلى شلّ حركة الآفات الصغيرة مثل العنكبوت الأحمر والمن، كما تقلل من انتقال الفيروسات عن طريق المن، وتمنع النمو الفطرى والبكتيرى.

كذلك نجد أن الشعيرات الغدية ذات الأربعة فصوص four-lobed التى توجد بأوراق وسيقان النوع *S. polyadenium* تفرز مادة لزجة تشل حركة يرقات حنفساء 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 لليرقات الصغيرة لحشرة *Manduca sexta* (عن Jenkins ١٩٨١، و Strange ١٩٩٣).

هذا .. إلاّ أن وجود الشعيرات السطحية لا يلخو من آثار سلبية على مكافحة الحشرات، فمثلاً .. لا يفيد الزنبور المتطفل *Encarsia formosa* فى مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء *T. vaporariorum* فى الخيار بسبب كثرة شعيراته الورقية واستطالتها بشدة، الأمر الذى يعيق حركة الزنبور المتطفل عليها. وفى المقابل .. فإن حركة الزنبور على أوراق سلالة ملساء من الخيار كانت سريعة جدًّا إلى درجة أنها كانت تمر فوق يرقات الذبابة دون أن تلاحظها. ونظرًا لأن الشعيرات تورث كصفة مندلية بسيطة تغيب فيها السيادة .. فقد أمكن إنتاج هجن تجريبية انخفضت فيها كثافة الشعيرات بمقدار النصف، وازدادت فيها حركة الزنبور المتطفل بمقدار ٣٠٪ – مقارنة بالأصناف العادية الكثيفة الشعيرات – وبالتالى انخفض فيها الوقت اللازم لعثور الزنبور المتطفل على يرقات الذبابة بمقدار ٣٠٪ (جدول ١٤–٣، عن De Ponti ١٩٩٠).

٣ — إضافة إلى ما تقدم بيانه من أمثلة .. فإن العنكبوت الأحمر العادى يتأثر سلبيًا بوجود الشعيرات الغدية فى كل من جنس التبغ *Nicotiana* spp.، و *Pelargonium xhortorum*، كما أن للشعيرات الغدية فى *Solanum berthaultii* تأثير مماثل على العنكبوت الترسونيمى tersonmid mite (عن Panda & Khush ١٩٩٥).

جدول (١٤-٣): تأثير كثافة الشعيرات الورقية بالخيار على حركة وكفاءة تطفل الزنبور ***Enarsia formosa*** على ذبابة البيوت المحمية (عن **DePonti & Mollema ١٩٩٢**).

دليل التأثير	أوراق الخيار	الملاحظة
سرعة السير	بها شعيرات كثيفة	٠,٢١ مم/ ثانية
	ملساء	٠,٦٣ مم/ ثانية
	هجين	٠,٤٠ مم/ ثانية
فرصة العثور على العائل (الذباب)	بها شعيرات كثيفة	٥٦٪
	هجين	٧٧٪
المدة المستغرقة للعثور على العائل	بها شعيرات كثيفة	١٥٦٤ ثانية
	هجين	١١١١ ثانية

لون الأوراق

نجد فى معظم الحالات أن النباتات ذات اللون الأخضر الداكن تكون أكثر جاذبية للحشرات عن تلك التى يكون لونها مشوبًا بالأصفر، هذا إلاّ أن النباتات الخضراء المصفرة تكون أكثر تفضيلاً لمن البسلة (*Acyrthosiphon pisum*). وتنجذب معظم أنواع المن وغيره من حشرات الـ Sternorrhyncha للأوراق التى تعكس ضوءًا فى المدى الموجى ٥٠٠—٦٠٠ نانوميتر، وهو المدى الأصفر إلى الأخضر. وينجذب المن المهاجر إلى الأوراق التى تعكس ضوءًا بطول موجى ٥٠٠ نانوميتر أيًّا كان النوع النباتى.

ويؤثر لون الضوء المنعكس من سطح أوراق الكرنب وشدته على خاصية اختيار من الكرنب (*Brevicoryne brassicae*) لعائله. وبينما يكون الكرنب الأحمر هو الأقل جذبًا للمن المهاجر، فإنه يعد الأفضل لتكاثره بعد حدوث الإصابة. كذلك فإن أصناف القطن ذات الأوراق الحمراء اللون تكون أقل جذبًا لسوسة اللوز *Anthonomus grandis*. كما تكون أصناف الكرنب الأحمر أقل قابلية للإصابة بدودتى الكرنب: *Pieris rapae*،

و *P. brassicae*. وبينما تعد سلالات السورجم التى تحتوى صبغة أرجوانية اللون على درجة عالية من المقاومة للذبابة *Atherigona soccata*، فإنها تكون أكثر قابلية للإصابة بالعنكبوت الأحمر *Oligonychus indicus*. وتكون دودة الكرنب *Pieris rapae* أقل انجذابًا للنموات الخضرية الحمراء لصنف الكرنب بروكسل Rubine عن انجذابها للأصناف الخضراء (عن Sadasivam & Thayumanavan ٢٠٠٣)، كذلك تكون أصناف الشوفان ذات الخلفات الحمراء وقواعد السيقان الزغبية أقل إصابة بحشرة *Ocinella frit* (الـ frit fly) من الأصناف الأخرى. وترجع مقاومة صنف البصل Spanish White لحشرة التربس *Thrips tabaci* - ولو جزئيًا - إلى لون نموه الخضرى الأخضر الفاتح.

كذلك فإن أوراق القرعيات ذات اللون الفضى تعكس قدرًا أكبر من الأشعة فى الطول الموجى للأشعة الزرقاء وفوق البنفسيجية مما يجعلها أكثر مقاومة للمن عن القرعيات ذات الأوراق الخضراء الطبيعية (عن Smith وآخرين ١٩٩٤).

شكل الأوراق والثمار ومدى صلابتها أو نضارتها

يرتبط شكل الأوراق - أحيانًا - بالمقاومة لبعض الحشرات؛ فمثلا .. تكون أصناف القطن ذات الأوراق الشبيهة بأوراق البامية مقاومة لدودة اللوز *Anthonomus grandis*، علما بأن تلك الأوراق تؤدى إلى زيادة معدل موت الحشرة التى يزداد تعرضها للجفاف (عن Smith وآخرين ١٩٩٤).

ويزداد 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:

١ - وجد ارتباط سالب بين صلابة أوراق الكيل والكرنب بروكسل، وبين كمية النموات الخضرية التى تستهلكها خنفساء المسترد *Phaedon cochleariae*.

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

٣ - يؤثر سمك الأوراق وصلابة الأنسجة الوعائية فى الإصابة بالجاسيد فى القطن.

وعلى الرغم من أن صلابة الأنسجة النباتية تعد من وسائل الدفاع النباتية الكفؤه، فإن جهود التربية غالبًا ما تسعى إلى التخلص من تلك الصفات، وخاصة فى المحاصيل التى تزرع لأجل أوراقها أو ثمارها، وهى التى تزداد جودتها بنقص صلابة أنسجتها. ويبين جدول (١٤-٤) بعض الأمثلة فى هذا المجال.

جدول (١٤-٤): تأثير التغيرات النباتية المورفولوجية على المقاومة للحشرات (عن Sadasivam & Thayumanavan ٢٠٠٣).

النوع النباتى	الحشرة	التغير المظهرى	التأثير
قصب السكر	*Diatraea saccharalis*	ورقة غمدية كاملة	لوحظت المقاومة
	Chilo sacchariphagus indicus	ورقة غمدية كاملة	لوحظت المقاومة
	الخنافس المغبرة	ورقة غمدية غير محكمة	لوحظت المقاومة
	الحشرات القشرية والـ eriophid mites	ورقة غمدية غير محكمة	لوحظت المقاومة
القطن	*Pectinophora gossypiella*, *Helicoverpa zea*, *Heliothis virescens*	غياب الغدد	ضعف القدرة على إيجاد موقع لوضع البيض
	Tarnished bug	غياب الغدد	لوحظت المقاومة
	Amrasca devastans and *Bemisia tabaci*	غياب الغدد	القابلية للإصابة
	Helicoverpa armigera and Earias spp.	غياب الغدد	لوحظت المقاومة
	Helicoverpa zea	Frego bract	لوحظت المقاومة
	Anthonomus grandis	Frego bract	لوحظت المقاومة
	Earias spp	Frego bract	أقل قابلية للإصابة
	Lygus hespenus	Frego bract	قابل للإصابة
الذرة	*Helicoverpa zea*	أغلفه كوز طويلة محكمة مع تكدس الشرابة فى قمة الكوز	لوحظت المقاومة
السورجم	*Peregrinus maidis*	أوراق مغلفة محكمة	لوحظت المقاومة
القمح	*Hydrellia griseola*	أوراق غمدية غير محكمة حول الساق	لوحظت المقاومة
البرسيم الحجازى	*Bruchophagus roddi*	القرون الحلزونية	لوحظت المقاومة
الباذنجان	ناخرة السوق والثمار	ثمار رفيعة ذات كأس قصير ورفيع	لوحظت القدرة على تحمل الإصابة

شكل النمو النباتى

لا توجد حالات من المقاومة يكون مردها إلى شكل نباتى معين، وإن كان من الممكن أن يرتبط الشكل بالعوامل المسئولة عن المقاومة، ومن أمثلة ذلك ما يلى:

١ – تكون أصناف القطن ذات الأوراق الشبيهة بأوراق البامية أقل تعرضًا للإصابة بغالبية آفات القطن الحشرية.

٢ – تكون أصناف السورجم الأكثر طولاً، والتى تتباعد أوراقها عن بعضها البعض وتصنع زوايا ضيقة مع السيقان أقل قابلية للإصابة بالمن.

٣ – تقل أعداد التربس التى تصيب البصل كلما ازداد انفراج الزاوية التى يصنعها نصل الورقة مع الساق الكاذبة، علمًا بأن الزاوية الضيقة قد توفر حماية أكثر للتربس ضد الظروف الجوية غير المناسبة (عن Sadasivam & Thayumanavan ٢٠٠٣).

دور الخصائص النباتية البنائية (التركيبية والتشريحية) فى المقاومة

الشموع السطحية

يُغطى أديم الأوراق النباتية بطبقة من الشمع توفر حماية لها من الفقد الرطوبى والإصابة بالأمراض والحشرات. والشمع هو إيستر لحامض دهنى طويل السلسلة وكحول أليفاتى ذات وزن جزيئى مرتفع. وتتباين الشموع النباتية من أقل من ١٪ من الوزن الجاف للنبات إلى عدة أضعاف ذلك.

يدخل فى تركيب الدهون التى تغطى الأديم النباتى epicuticular lipids، المكونات الرئيسية التالية:

١ – المركبات الهيدروكربونية ومشتقاتها، مثل: الألكينات alkanes والكحولات الثانوية والكيتونات ketones والكيتولات ketols والداى كيتونات diketons.

٢ – إسترات الشموع والمركبات القريبة منها، مثل: إسترات الألكيل alkyl esters والأحماض الدهنية، والألدهيدات aldehydes والكحولات الدهنية fatty alcohols.

٣ – مركبات أخرى، مثل: β- sitosterol، و diterpene esters، و triterpenoids و phenolic esters.