الباب الرابع

الحشرات الناقلة للفيروسات الممرضة للنبات

- الطرق الأخرى لانتقال الأمراض النباتية المتسببة عن فيروسات
- الحشرات الناقلة لمسببات الأمراض النباتية الفيروسية
- العوامل المؤثرة على كفاءة الانتقال بواسطة الحشرات
- انتقال مسببات الأمراض النباتية الفيروسية بواسطة الخنافس
- انتقال مسببات الأمراض النباتية الفيروسية بواسطة الحلم
- النيماتودا الناقلة لمسببات أمراض النبات الفيروسية

الفصل الخامس

الطرق الأخرى لانتقال الأمراض النباتية المتسببة عن فيروسات

Other Methods of Transmission of Plant Pathogenic Viruses

مقدمة

الفيروسات هي إحدى مسببات الأمراض النباتية (بجانب الإنسان والحيوان) وهي عبارة عن بلورات نيكليوبروتينية مكونة من حمض نووي محاط بغلاف بروتيني، وهي كيانات إجبارية التطفل لا تتكرر إلا داخل الخلايا الحية (للعائل النباتي).

وتحتل الفيروسات الممرضة للنبات مكاناً وسطاً بين الفطريات والبكتيريا (الممرضة للنبات) من حيث تعدادها وتنوعها. ونظراً لصغر حجمها فهي لا ترى إلا بالمجهر الإلكتروني، ولها أشكال متعددة منها العصوي وعديد الأوجه. كما أنه من الصعب مكافحتها إذا ما قورنت بمسببات الأمراض النباتية البكتيرية والفطرية. ويمكن أن تسبب الفيروسات الممرضة للنبات خسائر فادحة في المحاصيل الزراعية منها على سبيل المثال فيروس تورم النموات الحديثة في أشجار الكاكاو والذي ينتقل بواسطة البق الدقيقي، فيروس التبرقش المخطط في القمح والذي ينتقل بواسطة الحلم الأريوفي

وفيروس التفاف أوراق البطاطس الذي ينتقل بواسطة حشرات المن. وتظهر أعراض مرضية متنوعة على النباتات المصابة بمسببات الأمراض الفيروسية مثل؛ التبرقش Mosaic، النخر Necrosis، التشوه Malformation، التقزم Dwarf، التجعد Curl، التخطيط Streak (جدول، ٢ "أمثلة للتصنيف الحديث للفيروسات") إلخ، وقد يكون هناك أعراض مشتركة ناتجة عن الإصابة المتزامنة بأكثر من مرض فيروسي على النبات الواحد، أو تكون تلك الأعراض ناتجة عن ظروف إجهادية غير إحيائية (abiotic symptoms) (الشكلان ٤٢ و ٤٣) . بالإضافة إلى الفيروسات الممرضة للنبات، هناك أيضاً ما يسمى بالفيرويدات وتختلف الأخيرة عن الأولى من حيث إن الفيرويدات ليس لها غلاف بروتيني (أي أنها عبارة عن قطعة صغيرة عارية من الحامض النووي RNA ولها وزن جزيئي صغير) وهي أصغر حجماً من الفيروسات إلى حد كبير. وعند اكتشافها قبل أكثر من خمسة عقود خلت كان من الصعب جداً عزلها من العائل النباتي نظراً لتناهيها في الصغر. كما أن الفيرويدات تتشابه مع الفيروسات إلى حد ما في طرق انتقالها من العوائل النباتية المريضة إلى تلك السليمة.

شكل (٤٢). أعراض نقص عنصر الحديد ويشابه أحياناً مع أعراض الإصابة ببعض الأمراض الفيروسية.

المصدر: (Cour. Agrochem, 2000).

شكل (٤٣). أعراض اللفحة (بسبب الجفاف) على أوراق الكستناء، هذه الأوراق يمكن أن تتشابه مع أعراض احتراق حواف الأوراق الناتجة عن تغذية بعض الأنواع من قافزات الأوراق.

المصدر: (Cranshaw *et al.*, 1993).

طرق انتقال مسببات الأمراض الفيروسية النباتية

يمكن أن تنتقل الفيروسات الممرضة للنبات من نبات مريض إلى نبات سليم بالعديد من الطرق مثل الطرق الميكانيكية، أو الانتقال بواسطة مفصليات الأرجل (الحشرات والحلم)، النيماتودا، الفطريات، حبوب اللقاح، الأجزاء التكاثرية النباتية الخضرية (الشتلات، الأبصال، الدرنات والكورمات)، بالبذور أو بالنباتات الزهرية المتطفلة (مثل الحامول). سيتم الحديث عن انتقال الفيروسات بواسطة مفصليات الأرجل (الحشرات بوجه خاص) بشيء من التفصيل، أما بقية طرق الانتقال الأخرى فسيتم الحديث عنها بإيجاز فيما يلي (Leach, 2007، Mink, 1993، Agrios, 2005، Stevens, 1983):

الطرق الميكانيكية Transmission by Mechanical Methods

الفيروس هنا ينتقل عن طريق اللمس أو الاحتكاك المباشر بين النباتات المصابة والسليمة (بحركة الرياح مثلاً)، أو الانتقال من خلال العمليات الزراعية المختلفة أو

استعمال الأدوات والآلات الزراعية الملوثة. وقد تنقل الحيوانات (ومنها الحشرات) الفيروسات الممرضة للنبات بطرق ميكانيكية ولا يكون هناك أي علاقة بيولوجية/ إحيائية تربط بين الفيروس المنقول والحيوان الناقل. والانتقال الميكانيكي للفيروسات يكون في الأغلب (الأعم) بطرق عرضية (أي نقل غير متعمد)، كما يمكن أن يكون النقل الميكانيكي متعمداً (بواسطة الإنسان) لكي يحقق أهدافاً بحثية معينة وبإتباع تقنيات محددة. ومن الأمثلة على الفيروسات الممرضة للنبات التي تنتقل بسهولة بالطرق الميكانيكية فيروس تبرقش التبغ الذي يصيب الطماطم.

الانتقال بواسطة أجزاء التكاثر النباتية Transmission by Plant Reproductive Parts

يوجد الفيروس في النباتات المصابة جهازياً تقريباً في كل أجزاء وأنسجة النبات ولذلك فإن الفيروس يوجد في جميع الأجزاء التي يمكن أن تستخدم في التكاثر الخضري أو الجنسي مثل البذور، ففي حالة التطعيم، عندما يكون الأصل أو الطعم مصاباً بمسبب فيروسي ممرض فإن النبات الجديد الناتج عن التطعيم يكون مصاباً بذلك الفيروس. وتجدر الإشارة إلى أن القمم المرستيمية في النباتات المصابة جهازياً بالفيروس تكون تقريباً خالية أو شبه خالية من الفيروسات وينصح غالباً باستخدامها في التكاثر.
كما تنتقل الفيروسات عن طريق الأعضاء التكاثرية الأخرى مثل الشتلات، الأبصال، الدرنات، الكورمات، الريزومات ... إلخ إذا كانت مستمدة (مأخوذه) من نباتات مصابة.

ويعرف ما لايقل عن ١٠ من الفيروسات التي تنتقل بالبذور منها على سبيل المثال لا الحصر فيروس التبقع الحلقي في التبغ وفيروس تبرقش القرعيات. ومن الجدير بالذكر أن بعض الفيروسات التي تنتقل بواسطة البذور يمكن أن تنتقل أيضاً بواسطة حبوب اللقاح (على سبيل المثال لا الحصر؛ فيروس تقزم الخوخ، فيروس تخطيط التبغ

وفيروس التفاف أوراق الكرز). هذا، ويشكل انتقال الفيروسات بواسطة البذور أهمية كبيرة من النواحي الوبائية لانتشار الفيروس وذلك للأسباب التالية:

١- العدوى الأولية لعشيرة النباتات المزروعة تكون موجودة.

٢- الفيروسات تكون محمية داخل البذور (البذور توفر حماية للفيروس).

٣- الفيروسات تكون موجودة في الحقل من بداية الموسم الزراعي.

٤- العدوى بالفيروس تزداد في نباتات الجيل اللاحق.

٥- الفيروسات تكون منتشرة في الحقل عشوائياً وليس في أماكن محددة.

٦- انتشار الفيروسات بالبذور يمكن أن تكون لمسافات بعيدة جداً.

٧- الفيروسات التي تنتقل بالبذور غالباً تنتقل بالطرق الميكانيكية ويقتصر وجودها في النبات على الأنسجة البرنشيمية.

كما تنتقل بعض الفيرويدات أيضاً بواسطة البذور (وحبوب اللقاح أيضاً) ومن الأمثلة عليها الفيرويد المسبب للدرنة المغزلية في البطاطس (على الطماطم والبطاطس) والفيرويد المسبب لتقزم الأقحوان (على الطماطم).

الانتقال بواسطة النباتات الزهرية المتطفلة (الحامول)

Transmission by Parasitic Flowering Plants (Dodder)

الحامول (*Cuscuta* spp.) Dodder نبات زهري متطفل ليس له أوراق ولا يحتوي على صبغة الكلورفيل (شكل، ٤٤) وهو يستمد غذاءه من النباتات التي يتطفل عليها عن طريق السيقان والممصات (مكان التحام الحامول مع العائل النباتي (Haustoria). وتنتقل الفيروسات الممرضة للنبات مع التيار الغذائي الذي يستمده الحامول من الحزم الوعائية لعائله النباتي المصاب عن طريق الهستوريا (الممص أو مكان الالتحام). وهناك العديد من الفيروسات الممرضة للنبات التي يتم نقلها بهذه الطريقة (بواسطة الحامول) إلى عوائل نباتية أخرى بالرغم من انتماء تلك النباتات إلى فصائل نباتية

مختلفة من الناحية التقسيمية. عندما ينتقل الفيروس إلى خلايا الحامول من النبات المريض (بالفيروس) فإنه يدخل إلى النبات المجاور (السليم) عن طريق البستوريا الجديدة التي يكونها الحامول في منطقة التحامه بالحزم الوعائية للنبات الجديد. كفاءة نقل الحامول للفيروسات الممرضة للنبات تختلف من فيروس إلى آخر وكذلك حسب نوع الحامول الناقل. كما يمكن للحامول أن ينقل بعض الفيروسات النباتية التي يصعب نقلها بطرق الانتقال الأخرى. كذلك فإن الفيروسات يمكن أن تنشط وتتكرر داخل خلايا الحامول ويمكن أن تبقى كامنة (قبل انتقالها إلى العائل النباتي الجديد). كما يمكن لنبات الحامول المتطفل أيضاً أن ينقل بعض مسببات أمراض النبات الفيتوبلازمية مثل تلك المسببة لمرض المخطاط الكمثرى (Pear decline) وتلك المسببة لمرض اصفرار أوراق فواكه الثمار الحجرية (Stone fruit yellows) (Marcone *et al.*, 1999).

شكل (٤٤). نبات الحامول الزهري المتطفل (على اليسار) ويمكن أن ينقل الفيروسات بين النباتات التي يتطفل عليها.

المصدر: (Flint and Clark, 1981).

جدول (٢) أمثلة للتصنيف (للتقسيم) الحديث للفيروسات (والفيرويدات) الممرضة للنبات وأنواع الحشرات الناقلة لها.

الرتبة	الفصيلة (العائلة)	الجنس	مثال النوع الفيروسي	الحشرات الناقلة
Caudovirales	Geminiviridae	Curtovirus	Beet curly top virus فيروس تجعد القمة في البنجر	Leafhoppers قافزات الأوراق
	Circoviridae	Nanovirus	Clover stunt virus فيروس تقزم النفل	Aphids حشرات المن
	Caulimoviridae	Caulimovirus	Cauliflower mosaic فيروس تبرقش القرنبيط	Aphids حشرات المن
	Reoviridae	Phytoreovirus	Rice dwarf virus فيروس تقزم الأرز	Leafhoppers قافزات الأوراق
Mononegavirales	Rhabdoviridae	Nucleorhabdovirus	Potato yellow dwarf virus فيروس التقزم الأصفر في البطاطس	Leafhoppers قافزات الأوراق
	Comoviridae	Comovirus	Cowpea mosaic virus فيروس تبرقش اللوبيا	Beetles الخنافس
	Potyviridae	Potovirus	Potatovirus Y فيروس البطاطس واي	Aphids حشرات المن
	Luteoviridae	Lutеovirus	Barley yellow dwarf virus فيروس التقزم الأصفر في الشعير	Aphids حشرات المن
		Poterovirus	Potato leafroll virus فيروس التفاف أوراق البطاطس	Aphids حشرات المن

تابع جدول (٢).

الرتبة	الفصيلة (العائلة)	الجنس	مثال النوع الفيروسي	الحشرات الناقلة
Nidovirales	Togaviridae	Tobamovirus	Tobacco mosaic virus فيروس تبرقش التبغ	Chewing insects (Beetles & Grasshoppers) الحشرات القارضة (الخنافس والنطاطات)
	Bromoviridae	Alfamovirus	Alfalfa mosaic virus فيروس تبرقش البرسيم	Aphids حشرات المن
		Cucumovirus	Cucumber mosaic virus فيروس تبرقش الخيار	Aphids حشرات المن
	Closteroviridae	Potexvirus	Potato virus X فيروس البطاطس اكس	Aphids and Mealybugs حشرات المن والبق الدقيقي
Viroids الفيرويدات	Pospiviridae	Pospiviroid	Potato spindle tuber viroid فيرويد الدرنة المغزلية للبطاطس	Aphids, Grasshoppers, Beetles حشرات المن، النطاطات، الخنافس
	Avsunviridae	Pelamoviroid	Avocado sunblotch viroid فيرويد لطخة الشمس للأفوكادو	لا ينتقل بواسطة الحشرات (ينتقل بالبذور وبالتطعيم)

المصدر: بتصرف من (Fauquet et al., 2005)، ومصادر متعددة أخرى).

انتقال الفيروسات الممرضة للنبات بواسطة الفطريات

Fungal Transmission of Plant Viruses

تتسبب بعض الفطريات الممرضة للنبات بنقل مسببات الأمراض الفيروسية النباتية (Lot *et al.*, 2002 ، Campbell, 1996 ، Rush, 2003 ، Ciafardini, 1991 ، Rochon *et al.*, 2004 ، و Grogan and Campbell , 1966).

معظم الفيروسات الموجودة في التربة تحتاج إلى ناقل طبيعي (كالفطريات والنيماتودا) لنقلها (أي الفيروسات) وعدوى جذور النباتات السليمة بها. ويتم نقل مسببات الأمراض النباتية الفيروسية بواسطة الفطريات الأولية وهي الفطريات المخاطية Mycomycetes والفطريات الأنبوبية Phytomycetes حيث تتميز هذه الفطريات بأن لها جراثيم متحركة، كما أنها أيضاً إجبارية التطفل. الفيروسات التي تنتقل بواسطة تلك الفطريات على نوعين:

- فيروسات باقية Persistent Viruses: والفيروس هنا يحمل (ينقل) داخل الجراثيم الساكنة resting spores لتلك الفطريات.
- فيروسات غير باقية Non-persistent Viruses: وهنا تحمل الفيروسات خارجياً على جراثيم الفطر المتحركة (النشطة).

وقد يكون هناك نوع من التفاعل بين الفيروس والجرثومة الفطرية الناقلة حيث يوجد موقع خاص على الغلاف البروتيني للفيروس وكذلك على الجرثومة الناقلة وذلك أثناء عملية النقل وعدوى النبات بالفيروس كما يحدث في حالة انتقال فيروس موت الخيار Cucumber necrosis virus. ولقد تم تحديد التركيب (المكنون/الجينوم) الوراثي لعدد من الفيروسات التي تنتقل بواسطة فطريات الأولبديوم Olipdium والبلازموديوفوريد Plasmodiophorid وهذه الفيروسات متنوعة جداً وتنتمي لـ ١٢ جنساً تابعة لما يقل عن أربعة عوائل (فصائل) فيروسية. ويُعرف في الوقت الحاضر ما

لايقل عن ٣٠ فيروساً من الفيروسات الموجودة في التربة والتي يمكن أن تنتقل بواسطة جراثيم خمسة أنواع من الفطريات، وهذه الفيروسات يمكن أن تكون من الفيروسات عديدة الأوجه (التابعة لعائلة Tombusviridae) أو العصوية الشكل (التابعة لمجموعتي Furovirus أو/و Bymovirus).

من أهم الأمثلة على الفيروسات الممرضة للنبات والتي تنتقل بواسطة الفطريات فيروس اصفرار وموت عروق البنجر Beet necrotic yellow vein virus ويتبع هذا الفيروس للجنس Benyvirus وهو ينتقل بواسطة الفطر *Polymyxa betae* Keskim التابع لعائلة (فصيلة) Plasmodiophorid. الفطر إجباري التطفل ويوجد في التربة ويتطفل على جذور نبات البنجر، وهذا الفطر بمفرده يسبب ضرراً قليلاً لعائلة النباتي إلا أن الإصابة المزدوجة بكل من الفطر والفيروس تسبب ضرراً بالغاً للعائل النباتي (البنجر). الفطر الناقل واسع الانتشار عالمياً.

مثال آخر هو فيروس العرق الكبير للخس Lettuce big-vein virus ويتبع هذا الفيروس للجنس Varicosavirus وينتقل بواسطة الجراثيم المتحركة للفطر *Olpidium brassicae* وهو واسع الانتشار في المناطق المعتدلة.

الفصل السادس

الحشرات الناقلة لمسببات الأمراض النباتية الفيروسية

Insect Transmission of Plant Pathogenic Fungi

تنتمي الحشرات الناقلة لمسببات الأمراض النباتية الفيروسية إلى سبع رتب حشرية من مجموع الرتب الحشرية البالغ عددها ٣٢ رتبة حشرية (التابعة لصف الحشرات من قبيلة مفصليات الأرجل). ومن الجدير بالذكر أن الغالبية العظمى من هذه الحشرات الناقلة توجد في رتبة واحدة هي رتبة متشابهة الأجنحة Homoptera والتي تنتمي إليها حشرات المن Aphids، البق الدقيقي Mealybugs، القافزات بأنواعها (ومن أهمها قافزات الأوراق Leafhoppers) وكذلك الذباب الأبيض Whiteflies. من مميزات الحشرات السابقة أنها تمتلك أجزاء فم ثاقبة ماصة، ومن المعلوم أن ذلك النوع من أجزاء الفم (الثاقب الماص) خصوصاً في حشرات المن مناسب جداً لنقل مسببات الأمراض النباتية الفيروسية (وسوف يتم توضيح السبب في ذلك في موضع آخر من هذا الكتاب). يندرج مع الحشرات السابقة (من حيث امتلاك أجزاء فم ثاقبة ماصة) كل من حشرات التربس (من رتبة هدبية الأجنحة) وحشرات البق الحقيقي (من رتبة نصفية الأجنحة) إلا أن حشرات الرتبتين الأخيرتين لا ترتقي في الأهمية (من حيث نقل الفيروسات) مع

حشرات رتبة متشابهة الأجنحة السابق ذكرها. الحشرات التابعة للرتب الخمس الأخرى والتي تتميز بأجزاء فم قارضة فلها في الغالب قدرة على نقل عدد أقل من مسببات الأمراض الفيروسية ويكون النقل في الغالب نقلاً ميكانيكياً غير متخصص. يوضح جدول (٣) الرتب الحشرية والعدد التقريبي للفيروسات النباتية التي تنتقل بواسطة أفرادها (Raccah and Fereres, 2009 و Harris, 1981).

جدول (٣). الرتب الحشرية والعدد التقريبي للفيروسات المنقولة بواسطة أفرادها.

الرتب الحشرية	الاسم الشائع لأهم حشرات الرتبة	عدد الفيروسات المنقولة
رتبة هدبية الأجنحة Thysanoptera	التربس	٦
رتبة متشابهة الأجنحة Homoptera	(المن، البق الدقيقي ...ألخ)	٣٠٠
رتبة نصفية الأجنحة Hemiptera	(البق الحقيقي وبق الأوراق)	٣
رتبة مستقيمة الأجنحة Orthoptera	(الجراد، النطاطات)	١٠
رتبة جلدية الأجنحة Dermaptera	(إبرة العجوز)	١
رتبة غمدية الأجنحة Coleoptera	(الخنافس)	٣٠
رتبة حرشفية الأجنحة Lepidoptera	(الفراشات وأبو دقيق)	٤
رتبة ثنائية الأجنحة Diptera	(صانعات الأنفاق)	٢

المصدر (Raccah and Fereres, 2009 و Harris, 1981).

يتضح من جدول (٣) أن أكثر من ثلاثة أرباع الحشرات الناقلة للفيروسات النباتية (أي ما لايقل عن ٧٦٪) تتبع لرتبة متشابهة الأجنحة وسوف يتم التطرق للحشرات التابعة لهذه الرتبة المهمة بشيء من التفصيل فيما يلي:

حشرات المن Aphids

تشكل حشرات المن وحدها ما نسبته ٧١٪ تقريباً من الحشرات التابعة لرتبة متشابهة الأجنحة الناقلة للفيروسات، كما أن حشرات المن وحدها تنقل حوالي ٥٥٪ من الفيروسات المنقولة بواسطة كل مفصليات الأرجل (أي الحشرات والحلم معاً) الضارة بالنباتات (Harris, 1981) (الأشكال ٤٥- ٤٨).

شكل (٤٥). أعراض مرض تقزم الذرة الشامية الفيروسي والذي ينتقل بواسطة حشرات المن.

المصدر: (Macnab *et al.*, 1983).

شكل (٤٦). أعراض مرض تجعد أوراق الفاصوليا الفيروسي والذي ينتقل بواسطة حشرات المن.

المصدر: (Macnab *et al.*, 1983).

شكل (٤٧). فيروس تقزم البرسيم وينتقل بواسطة حشرات المن.

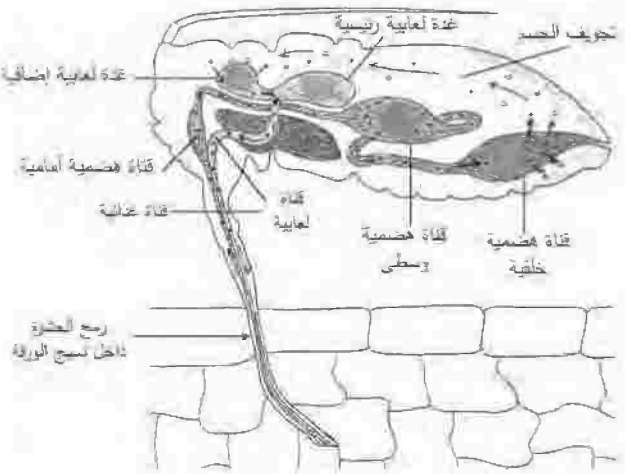
المصدر: (Flint and Clark, 1981).

شكل (٤٨). أعراض مرض موزاييك الكرفس الفيروسي الذي ينتقل بواسطة حشرات المن.

المصدر: (Macnab *et al.*, 1983).

ومن الصفات الرئيسية المميزة لحشرات المن هو سلوكها المتميز في التغذية وسرعة تكاثرها وانتشارها العالمي وهذه الصفات تجعلها من أهم الحشرات على الإطلاق في نشر مسببات الأمراض الفيروسية.

كما ذكر سابقاً فأجزاء الفم في حشرات المن متحورة للثقب والامتصاص والفكوك (العلوية والمساعدة) متحورة على شكل شعيرات غليظة تتحد مع بعضها البعض ليتكون منها رمح الامتصاص الذي يمر فيه قناتان: الكبيرة وهي القناة الغذائية التي يمر منها الغذاء الممتص، والصغيرة وهي القناة اللعابية التي يفرز منها اللعاب أثناء عملية التغذية (شكل٤٩).

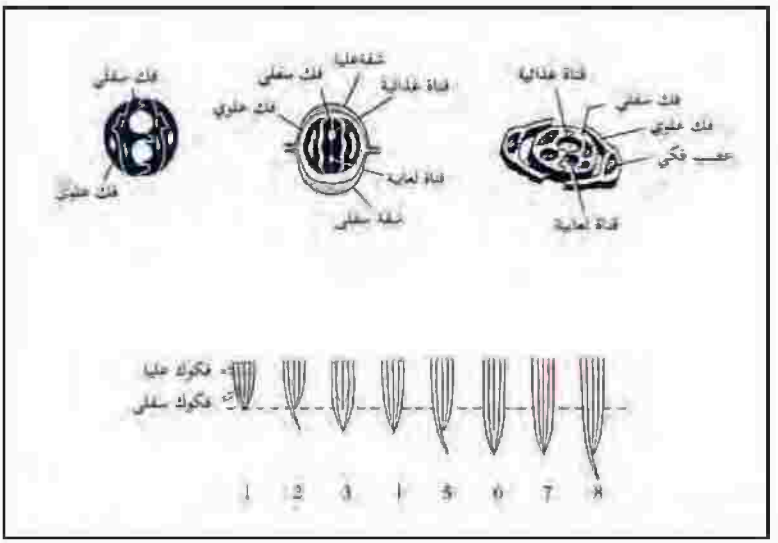


شكل (٤٩). رسم تخطيطي يوضح طريقة امتصاص العصارة النباتية والتغذية في حشرة المن وكذلك طريقة دوران الفيروس (الممرض للنبات) في فراغ جسم تلك الحشرة.

المصدر: (Gray and Gildow, 2003).

عند التغذية يوضع الرمح على سطح النبات ثم يبدأ رمحا الفكوك (العلوية والمساعدة) بالضغط والاختراق المتبادل لأنسجة النبات (شكل٥٠) ويلاحظ أن زيادة سمك قاعدة الرمح تزيد من ضغط طرف الرمح المستدق على أنسجة النبات حيث

يمضي (يمر) الرمح من بين خلايا النبات (inter cellularly) دون أن يمزقها. كما يمكن أن يساعد الحشرة في اختراق الأنسجة النباتية بعض الإنزيمات (التي تحلل تلك الأنسجة جزئياً) والتي تفرز من الغدد اللعابية مثل إنزيم السليوليز Cellulase والبكتينيز Pectinase. كما أن عملية إفراز اللعاب تكون مستمرة أثناء/خلال عملية التغذية وهذا له دور مهم في عدوى النبات بمسببات الأمراض الفيروسية.



شكل (٥٠). (أعلى) قطاعات عرضية في أجزاء الفم الرمحية: قافزة أوراق (يمين) حشرة من (وسط): وبق نبات (يسار)،(أسفل): المراحل المتتابعة لاختراق نسيج نباتي بواسطة أجزاء الرمح لحشرة ثاقبة ماصة.

المصدر: (Snodgrass, 1935).

تعمل حشرات المن عدة عمليات سبر (اختراق وتذوق) لعصارة النبات وتقتصر في ذلك على اختراق خلايا البشرة فقط، وعندما تكون العصارة النباتية مستساغة

للحشرة فإنها تدفع بأجزاء الفم الرمحية لتصل إلى خلايا اللحاء وتستغرق هذه العملية من دقائق قليلة إلى عدة ساعات.

معظم أنواع المن وحيدة العائل النباتي monophagous إلا أن حشرات المن الأكثر أهمية من الناحية الزراعية (كآفات) ذات عوائل نباتية متعددة polyphagous ويمكن أن تهاجم العديد من المحاصيل الزراعية (والحشائش) في المواسم المختلفة.

تتكاثر حشرات المن بسرعة وبأعداد هائلة بطريقة التوالد (التكاثر) البكري parthenogenesis غالباً (بدون إخصاب) إلا أنها يمكن أن تتكاثر جنسياً في المناطق الباردة.

حشرات المن يمكن أن تكوّن أفراداً مجنحة alatae أو غير مجنحة apterate (وهي الأكثر شيوعاً) حيث إن صفة وجود الأجنحة تنشأ عن التغير في بعض الظروف البيئية مثل فرط التزاحم overcrowding أو بسبب شيخوخة senescence العائل النباتي الذي تتكاثر عليه تلك الحشرات. الأفراد المجنحة أسرع انتقالاً وانتشاراً من الأفراد غير المجنحة والأولى تعتمد غالباً على تيارات الحمل الهوائية في طيرانها وهجرتها والتي يمكن أن تنقلها إلى مسافات بعيدة حيث إن تلك الحشرات في هذه الأحوال ليس لها سيطرة أو تحكم بسرعة طيرانها واتجاهها خصوصاً عندما تزيد سرعة التيارات الهوائية (الرياح) الحاملة لها عن ٣ كم/ساعة. وعندما تهبط حشرات المن على نباتات معينة فإنها تعمل على تذوق (سبر) العصارة النباتية فإن كانت الأخيرة مستساغة استمرت في التغذية والتكاثر وإلا فإنها تقلع في رحلة طيران أخرى للبحث عن عوائل نباتية مناسبة. ومما يجدر ذكره أن السلوكيات السابقة في حشرات المن لها دور مهم في نقل ونشر مسببات الأمراض الفيروسية النباتية (Raccah and Fereres, 2009، Ng and Falk, 2006).

هناك بعض التعريفات/الاصطلاحات الهامة والمتعلقة بانتقال الفيروسات بواسطة الحشرات والتي تجدر الإشارة إليها والإلمام بها وهي كما يلي :

فترة التغذية اللازمة للاكتساب Acquisition Feeding Period

وهي الفترة الزمنية التي تستغرقها الحشرة (الناقلة) غير الحاملة للفيروس في التغذية على عائل نباتي مصاب لكي تكتسب منه الفيروس.

فترة الكمون Latent Period

وهي فترة الانتظار بعد اكتساب الفيروس وقبل القدرة على حقنه في (نقله إلى) عائل نباتي آخر.

فترة التغذية (لإتمام) العدوى Inoculation Feeding Period

وهي فترة التغذية الحقيقية التي تستغرقها الحشرة الناقلة لإتمام عدوى العائل النباتي بالفيروس.

الفترة الحرجة للانتقال Transmission threshold Period

وهي أقل فترة زمنية ممكنة تحتاجها الحشرة الناقلة لكي تكتسب الفيروس وتُعدي به عائلاً نباتيًّا سليماً.

فترة الاستبقاء Retention Period

وهي الفترة أو الزمن الذي يستبقي فيه الفيروس في الحشرة الناقلة بعد اكتسابه بحيث تكون تلك الحشرة قادرة على العدوى به.

العلاقة بين مسبب المرض الفيروسي النباتي وحشرة المن الناقلة تُصنّف (تُقسّم) حسب طول الفترة الزمنية التي تستمر فيها الحشرة حاملة/ناقلة للفيروس، ولذلك فإن الفيروسات المنقولة بواسطة تلك الحشرات يمكن أن تُقسّم إلى فيروسات غير دوّارة (في جسم الحشرة الناقلة) وتسمى Noncirculative viruses وهذه تشمل الفيروسات غير الباقية Nonpersistent ونصف الباقية Semipersistent، وكذلك الفيروسات الباقية

الدوّارة Persistent circulative viruses وهذه يندرج تحتها ما يسمى بالفيروسات الباقية المتكررة (المتضاعفة) Persistent propagative viruses.

الفيروسات غير الدوّارة هي التي عادة تحمل/ تنقل على أجزاء الفم الرمحية أثناء عملية تغذية الحشرة الناقلة والفيروسات هنا تُفْقَدْ من الحشرة الناقلة بسرعة وليس لها فترة كمون (جدول ٤).

أما بالنسبة للفيروسات الدوّارة فإن حركة الانتقال للفيروس في الحشرة الناقلة تشتمل على خمس مراحل تتلخص بما يلي:

١- ابتلاع/امتصاص الفيروس من العائل النباتي المريض من خلال الرمح وتجويف الفم ثم إلى القناة الهضمية الأمامية للحشرة الناقلة.

٢- مرور الفيروس خلال جدار المعدة (القناة الهضمية الوسطى والخلفية) إلى الهيمولمف.

٣- بقاء الفيروس في الهيمولمف (الدم) والأنسجة الداخلية.

٤- مرور الفيروس إلى الغدد اللعابية (من الهيمولمف).

٥- مرور الفيروس مع اللعاب (من خلال القناة اللعابية الموجودة في الفك السفلي) إلى أنسجة اللحاء للعائل النباتي، وهنا تتلخص عملية الانتقال والعدوى بالفيروس (الدوّار) بأنها ميكانيكية ابتلاع – وترجيع مع اللعاب Ingestion-Salivation Mechanism.

أما بالنسبة للفيروسات الدوّارة المتكررة فهي تشبه الفيروسات الدوّارة غير أنها (ويتضح ذلك من تسميتها) قادرة على التكرار والتضاعف (أي الزيادة في العدد) داخل هيمولمف وبعض أنسجة الحشرة الناقلة، هذا طبعاً بجانب تكرارها (تضاعفها) في العائل النباتي. كما أن درجة تخصص الحشرة الناقلة هنا عالٍ جداً، بمعنى أن الفيروس

ينتقل بواسطة نوع واحد فقط من الحشرات (أو أنواع قليلة جداً ذات قرابة). النواقل الحشرية لهذه المجموعة من الفيروسات (الدوّارة المتكررة) تشمل بعض الأنواع التابعة لحشرات المن، قافزات الأوراق، وكذلك قافزات النبات. الجدير بالذكر أن مثل هذه الفيروسات التابعة لهذه المجموعة والتي تنتمي لعائلة الفيروسات Rhabdoviridae ليست فقط تصيب النباتات والحشرات وإنما تصيب أنواع أخرى منها الإنسان وكذلك الفقاريات (El-Desouky *et al.*, 2009).

هذا ويمكن الجزم بأن الفيروس يكون دوّاراً في جسم الحشرة الناقلة عندما يحتاج الفيروس إلى فترة كمون (في الحشرة الناقلة)، عندما يوجد في الغدد اللعابية للحشرة، عندما ينتقل خلال عملية الانسلاخ، وعندما يتم حقنه في هيمولمف الحشرة الناقلة بحيث تصبح مُعدية بالفيروس.

كما يمكن الجزم بأن الفيروس يتكرر (يتضاعف) في الحشرة الناقلة عندما ينتقل الفيروس من الأم إلى النسل من خلال البيض، أو عندما يتم التأكد من تضاعف الفيروس في أنسجة الحشرة أو من خلال عمل سلسلة من التخفيفات من مستخلص الحشرة وإعادة الحقن في حشرة أخرى (من نفس نوع الحشرة الناقلة) حيث تصبح الحشرة الأخيرة قادرة على عدوى النبات بالفيروس. وقد يكون من الدلائل على ذلك أيضاً (أي تضاعف الفيروس داخل الحشرة الناقلة) التأثير السلبي/الضار للفيروس على الحشرة الناقلة وكذلك بقاء الفيروس فيها (أي في الحشرة الناقلة) طول فترة حياتها.

جدول (٤). المواصفات الرئيسية لانتقال الأنواع المختلفة من الفيروسات (الممرضة للنبات) بواسطة الحشرات.

مواصفات الانتقال	أنواع/علاقات الانتقال للفيروسات الممرضة للنبات			
نوع البقاء	فيروسات غير باقية	فيروسات نصف باقية	فيروسات باقية دوّارة	فيروسات باقية متكررة
زمن اكتساب الفيروس	ثواني-دقائق	دقائق-ساعات	ساعات	ساعات
زمن استبقاء الفيروس	دقائق-ساعات	ساعات-أيام	أيام-طول فترة الحياة	أيام-طول فترة الحياة
تأثير تجويع (صوم) الحشرة	تأثير إيجابي	بدون تأثير	بدون تأثير	بدون تأثير
فترة كمون الفيروس	لا توجد	لا توجد	ساعات	أيام-أسابيع
انتقال الفيروس خلال انسلاخ الحشرة	لا يحدث	لا يحدث	يحدث	يحدث
وجود الفيروس في هيمولمف (دم) الحشرة	لا يوجد	لا يوجد	يوجد	يوجد
تكرار (تكاثر) الفيروس في الحشرة الناقلة	لا يحدث	لا يحدث	لا يحدث	يحدث
انتقال الفيروس خلال تكاثر الحشرة (مع البيض إلى النسل)	لا يحدث	لا يحدث	لا يحدث	غالباً يحدث
النسيج النباتي المكتسب منه الفيروس والمعدي به	غالباً من نسيج البشرة	البشرة، الميزوفيل واللحاء	الميزوفيل واللحاء	الميزوفيل واللحاء
درجة تخصص الحشرة الناقلة	منخفض	متوسط	عالي	عالي جداً
تتابع حدوث عدوى النباتات بالفيروس	قليل الحدوث	متوسط	كثير	كثير
أمثلة من الفيروسات	فيروس تبرقش البرسيم	فيروس اصفرار البنجر	فيروس تقزم واصفرار الشعير	فيروس الاصفرار المميت للخس

المصدر: Ng and Falk, 2006 و Raccah and Fereres, 2009).

الاختلافات بين الفيروسات والفيتوبلازما (الميكوبلازما سابقاً) الممرضة للنبات

عند اكتشاف الميكوبلازما الممرضة للنبات في السبعينيات من القرن الماضي (والتي تسمى حديثاً بالفيتوبلازما) كان من الصعب أحياناً التفريق بينها وبين الفيروسات الممرضة للنبات إلا أنه مع تقدم البحث العلمي في العقود الأخيرة اتضح أن هناك اختلافات كبيرة بينهما (بين الفيروسات والفيتوبلازما) ويلخص الجدول (٥) تلك الفروقات. ومن الجدير بالذكر أنه تم الحديث عن الفيتوبلازما عند التطرق للبكتيريا الوعائية في الباب الخاص بالبكتيريا الممرضة للنبات التي تنتقل بواسطة الحشرات.

جدول (٥). الاختلافات بين الفيروسات والفيتوبلازما.

وجه المقارنة	الفيروسات	الفيتوبلازما
تغيّر الشكل	الوحدة غير متغيرة الشكل	الوحدة متغيرة الشكل
وجود الغشاء	الوحدة ليس لها غشاء	الوحدة لها غشاء
وجود الأحماض النووية	الوحدة تحتوي DNA أو RNA	الوحدة تحتوي كلا الـ DNA و الـ RNA
وجود الرايبوسومات	الرايبوسومات غير موجودة	الرايبوسومات موجودة
النمو	لا تنمو (الدقائق يتم تجميعها/تخليقها)	يحدث نمو (بالانقسام الثنائي)
الحساسية للتتراسايكلين	مقاومة للتتراسايكلين	حساسة للتتراسايكلين
الانتقال (من نبات مريض إلى سليم)	النواقل الحشرية كثيرة والانتقال الميكانيكي شائع	النواقل الحشرية محدودة والانتقال الميكانيكي نادر
المجال الحراري	لها مجال حراري واسع	لها مجال حراري ضيق

المصدر: (Lee et al., 2000 و Weintraub and Beanland, 2006).

كفاءة حشرات المن في نقل الفيروسات الممرضة للنبات

الأنواع المختلفة من حشرات المن تختلف في كفاءتها على نقل الفيروسات الممرضة للنبات، فعلى سبيل المثال يوضح الجدول (٦) كفاءة ستة أنواع مختلفة من حشرات المن في نقل فيروس البطاطس واي مثال آخر يوضح اختلاف كفاءة انتقال فيروس آخر وهو فيروس البقعة الحلقية في الباباي بواسطة ثلاثة أنواع من المن، حيث وجد أن كفاءة حشرة من الخوخ الأخضر *Myzus persicae* بلغت (٥٦٪)، مَنْ القطن *Aphis gossypii* (٥٣٪)، وهي تختلف بفارق معنوي عن كفاءة مَنْ اللوبيا *Aphis craccivora* (٣٨٪) في نقل الفيروس السابق (Kalleshwaraswarmy and Krishnakumar, 2008).

جدول (٦). كفاءة الانتقال لفيروس البطاطس واي بواسطة أنواع مختلفة من حشرات المن

نوع حشرة المن	عدد الأفراد المختبرة (*)	النسبة المئوية للنقل
Myzus persicae	٣٤	٤١,٢٪
Brachycaudus helichrysi	٥٤	٧,٤٪
Rhopalosiphum padi	٤٣٠	٢,٨٪
Aphis fabae	٤٢	٢,٤٪
Metopolophium dirhodum	٢٩٩	١,٣٪
Sitobion avenae	٣٠٤	٠,٧٪

(*) الأفراد المختبرة أفراد مجنحة تم اصطيادها بواسطة مصيدة شبكية متأرجحة.

المصدر: (Woodford et al., 1997).

كما تتأثر كفاءة نقل حشرات المن للفيروس الممرض بنوع العائل النباتي الذي تغذت عليه تلك الحشرات قبل اكتسابها للفيروس؛ فعلى سبيل المثال، كفاءة حشرة مَنْ الخوخ الأخضر في نقل فيروس الموزاييك الأصفر للكوسا تكون (أي كفاءة النقل) أعلى معنوياً عندما تتربى تلك الحشرة على نبات الخردل إذا ما قورنت بكفاءتها في نقل

ذلك الفيروس عندما تتربى تلك الحشرة على نبات الباميا (Symmes and Perring, 2007).

ومن الجدير بالذكر أن من أكبر المخاطر التي تسببها حشرات المن عند نقلها لمسببات الأمراض الفيروسية هي أن تلك الحشرات ذات المدى العائلي الواسع يمكن أن تنقل/تنشر الفيروسات من بعض الحشائش الموجودة في الحقول (كعائل ثانوي) لها إلى المحاصيل الحقلية أو إلى أشجار الفاكهة، فعلى سبيل المثال، تشكل حشيشة ست الحسن الزغبية Hairy nightshade عائلاً مناسباً جداً لكل من مَنْ الخوخ الأخضر وفيروس التفاف أوراق البطاطس حيث تعمل تلك الحشرة على نقل الفيروس السابق من الحشيشة إلى البطاطس وتكون كفاءتها في ذلك أربعة أضعاف كفاءتها في نقل الفيروس المذكور من نبات بطاطس مصاب/مريض إلى آخر سليم (Alvarez and Srinivasn, 2005).

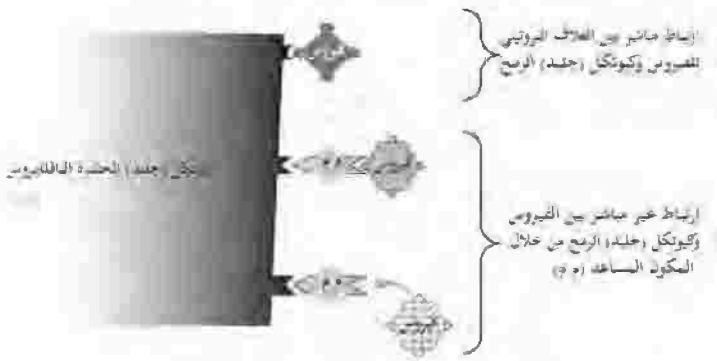
مثال آخر على ذلك هو أن حشرة المن السابقة (مَنْ الخوخ الأخضر) يمكنها أن تنقل فيروس جدري البخارى Plum Pox Virus مما لايقل عن ١٠ أنواع مختلفة من الحشائش الموجودة/النامية في أرضية بساتين الفاكهة ذات النواة الحجرية إلى تلك الأشجار المحيطة بها (Manachini *et al.*, 2007).

الفيروسات المساعدة والتابعة Helper and Satellite Viruses

هناك أنواع معينة من الفيروسات غير الدوّارة Noncirculative viruses والتي تنتقل بواسطة أنواع محددة من الحشرات لها (أي الفيروسات) طريقة مميزة للانتقال وذلك من خلال استخدامها لبروتينات فيروسية مشفرة بجانب الفيروس الكامل نفسه. هذه البروتينات المساعدة والجينات المعبرة عنها يتضح تبنيها في "جنسين" من الفيروسات التي تصيب النبات (وهما جنس فيروس البطاطس واي *Potyvirus* وجنس فيروس

موزاييك القرنبيط *Caulimovirus*) والتي تنتقل بواسطة حشرات المن. وهناك عدة شواهد تدل على أن هذه البروتينات المساعدة تعمل كوسيط لربط الفيروس الكامل مع كيوتيكل/جليد أجزاء الفم في الحشرات الناقلة، حيث يتم تحريرها (ترجيعها) لاحقاً عند حقنها في النبات أثناء تغذية الحشرة. ولهذا فقد اتضح أن فيروس البطاطس السابق (مثلاً) لا ينتقل بواسطة حشرات المن إلا في حالة توفر واكتساب ما يسمى بالمكوّن المساعد Helper Component قبل اكتساب الفيروس الممرض (حيث المكوّن المساعد يرتبط مباشرة مع أجزاء الفم الرمحية للحشرة الناقلة من جهة أو من جانب، والفيروس الممرض يرتبط بذلك المكوّن المساعد من الجهة الأخرى أو من الجانب الحر) (Raccah and Fereres, 2009 و Pirone and Blanc, 1996).

هذا ويمكن إيجاز عملية انتقال الفيروسات غير الدوّارة المذكورة سابقاً بأنها تتم من خلال تفاعل خاص بين الفيروس والحشرة الناقلة وذلك من خلال طريقتين وكلتا الطريقتين تساعدان على بقاء الدقائق الفيروسية على سطح الكيوتيكل/الجليد المبطن لأجزاء الفم (وبالذات رمحي الفكوك المساعدة Maxillary stylets) لحين حقنها في العائل النباتي عند تغذية الحشرة. وفي الطريقة الأولى يحدث ارتباط مباشر بين الغلاف البروتيني للفيروس Capsid وكيوتيكل/جليد الرمح (وهنا يرتبط المحفز في الغلاف البروتيني للفيروس ارتباطاً مباشراً مع المُستقبل في أجزاء الفم الرمحية للحشرة الناقلة). أما في الطريقة الثانية فالارتباط السابق يكون غير مباشر ولكن من خلال جسر جزيئي وسيط Mediating molecular bridge يسمى بالمكوّن المساعد السابق ذكره (شكل ٥١) (Froissart *et al.*, 2002).



شكل (٥١). نموذج تخطيطي يوضح الطرق المختلفة لارتباط وانتقال الفيروسات غير الدوّارة على رمح الحشرة الناقلة.

المصدر: (Froissart *et al.*, 2002).

الذباب الأبيض Whiteflies

يعرف ما لايقل عن ١١٥٠ نوعاً من أنواع الذباب الأبيض (من عائلة Aleyrodidae: رتبة متشابهة الأجنحة) إلا أن اثنين من هذه الأنواع اكتسبت شهرة عالمية خصوصاً فيما يتعلق بنقل مسببات الأمراض الفيروسية وهما: ذبابة التبغ البيضاء (أيضاً تسمى ذبابة البطاطا الحلوة البيضاء) *Bemisia tabaci* وذبابة البيوت المحمية البيضاء *Trialeurods vaporariorum* وكلتاهما من الحشرات الاقتصادية الهامة (من حيث الانتشار وإحداث الضرر) في كل من الحقول الزراعية والبيوت المحمية خصوصاً إذا تفاقمت أضرارها بسبب نقلها للفيروسات الممرضة للنبات. وفيما يلي ملخص لمواصفات انتقال الفيروسات الممرضة للنبات بواسطة الذباب الأبيض (Harris, 1981؛ Harris *et al.*, 1996؛ *et al.*, 2001):

١- تزيد كفاءة النقل مع زيادة فترة اكتساب الفيروس (فترة الاكتساب تتراوح من عدة ساعات إلى ٢٤ ساعة).

٢- يمكن لكل من الحشرات البالغة والحوريات أن تكتسب الفيروس.

٣- فترة اكتساب الحشرة للفيروس أطول من فترة العدوى (عدوى النبات) به.

٤- فترة الكمون تتراوح من ٤- ٢٤ ساعة.

٥- الفيروس ينتقل خلال عملية الانسلاخ (للحشرة الناقلة).

٦- يستبقي الفيروس من ٢- ٢٥ يوماً في الحشرة الناقلة.

٧- الفيروسات المنقولة بواسطة الذباب الأبيض بعضها غير دوّارة وبعضها الآخر دوّارة وقليل منها دوّارة متكررة (متضاعفة).

٨- تنتقل الفيروسات بواسطة الحشرات الكاملة/البالغة، أما الحوريات فهي مستقرة إلا أنها يمكن أن تكون مكتسبة للفيروس.

٩- ينتقل الفيروس أفقياً بين الجنسين من خلال عملية التزاوج.

الفيروسات غير الباقية ونصف الباقية (غير الدوّارة) تُحمل على الكيوتيكل المبطن لأجزاء الفم (الرمح والبلعوم) ثم تحقنها الحشرة أثناء تغذيتها على النبات من خلال عملية الترجيع egestion ولذلك فإن الذباب الأبيض في هذه الحالة يتشابه مع حشرات المن وقافزات الأوراق من حيث عملية عدوى النبات بالفيروسات من خلال عملية الابتلاع والترجيع عند التغذية على العائل النباتي.

أما بالنسبة للفيروسات الدوّارة (مثل فيروس تجعد ورق القرع squash leaf curl virus)، فإن هذا الفيروس يوجد في أنسجة مختلفة من جسم الحشرة (الذباب الأبيض) بما في ذلك الهيمولمف والغدد اللعابية وهذا يدل على أن هذا الفيروس (وهو من الفيروسات التوأمية) دوّار في جسم الحشرة الناقلة.

فيروس اصفرار وتجعد أوراق الطماطم (الذي ينقله الذباب الأبيض) وجد في الغدد اللعابية لهذه الحشرة بعد ٧ ساعات من بداية فترة التغذية المتاحة للاكتساب،

ومع أن الإناث أكثر كفاءة من الذكور في نقل الفيروس السابق إلا أن الفيروس وجد في الغدد اللعابية لكلا الجنسين في وقت متقارب (Ghanim *et al.*, 2001). كما وجد أن كفاءة انتقال الفيروس السابق (بواسطة الذباب الأبيض) تقل (أي الكفاءة) مع زيادة مقاومة صنف الطماطم للحشرة الناقلة (Lapidot *et al.*, 2001). هذا بالإضافة إلى أن الطماطم يمكن أن تصاب أيضاً بنوعين مختلفين من الفيروسات تابعة لجنس *Crinivirus* وهما فيروس شحوب الطماطم (TOCV) وفيروس شحوب الطماطم المُعدي (TICV) وكلا الفيروسين ينتقلان بواسطة ذبابة التبغ البيضاء (من نبات طماطم مريض إلى سليم) ولكن بكفاءات نقل مختلفة (اختلاف كفاءة النقل تعتمد على اختلاف تركيز الفيروس في الطماطم المصاب). كما بيّنت الدراسة نفسها أن ذبابة البيوت المحمية البيضاء قادرة فقط على نقل نوع الفيروس الثاني (TICV) (Wintermantel *et al.*, 2008). كما أن هناك بعض الفيروسات التي تصيب القرع (تابعة لجنس *Ipomovirus*) والتي تنتقل بواسطة ذبابة التبغ البيضاء ولا تنتقل بواسطة حشرات المن (مثل مَنْ الخوخ الأخضر) الموجودة على نفس النبات (Adkins *et al.*, 2007).

وأخيراً مما تجدر الإشارة إليه أن حشرات الذباب الأبيض (وكذلك حشرات المن) شديدة الضرر على محاصيل الخضر في البيوت المحمية وتتضاعف أضرارها على تلك المحاصيل عندما تكون (أي المحاصيل) مصابة بمسببات الأمراض الفيروسية (جدول ٧) التي تنقلها تلك الحشرات.

جدول (٧). أهم الأمراض الفيروسية التي تصيب نباتات البيوت المحمية والحشرات الناقلة لها.

اسم المرض الفيروسي/نوعه	جنس الفيروس	العوائل النباتية	الحشرات الناقلة
فيروس تبرقش الخيار/ غير باقٍ	Cucumoviruses فيروسات الخيار	الخيار، الخس، الشمام، الفلفل، الطماطم، البطيخ، الكوسة	حشرات المن
فيروس تبرقش الفاصوليا الشائع/ غير باقٍ	Potyviruses فيروسات البطاطس	الفاصوليا، الفول	حشرات المن
فيروس تبرقش واصفرار الفاصوليا/ غير باقٍ	Potyviruses فيروسات البطاطس	الفاصوليا، الفول	حشرات المن
فيروس تبرقش الخس/ غير باقٍ	Potyviruses فيروسات البطاطس	الخس	حشرات المن
فيروس البطاطس واي/ غير باقٍ	Potyviruses فيروسات البطاطس	الفلفل، الطماطم	حشرات المن
فيروس تبقع الباباي الحلقي/ غير باقٍ	Potyviruses فيروسات البطاطس	الخيار، الشمام، البطيخ، الكوسة	حشرات المن
فيروس تبرقش البطيخ (الحبحب)/ غير باقٍ	Potyviruses فيروسات البطاطس	الخيار، الشمام، البطيخ، الكوسة	حشرات المن
فيروس تبرقش واصفرار الكوسة/ غير باقٍ	Potyviruses فيروسات البطاطس	الخيار، الشمام، البطيخ، الكوسة	حشرات المن
فيروس التبقع الأصفر في الكوسة/ غير باقٍ	Potyviruses فيروسات البطاطس	الخيار، الشمام، البطيخ، الكوسة	حشرات المن
فيروس اصفرار البنجر/ باقي	Luteovirus فيروسات الاصفرار	الخس، الخيار، الفلفل، الطماطم البطيخ، الكوسه	حشرات المن
فيروس اصفرار القرعيات/ باقي	Luteovirus فيروسات الاصفرار	الخيار، الشمام، الكوسة	حشرات المن

تابع جدول (٧).

اسم المرض الفيروسي/نوعه	جنس الفيروس	العوائل النباتية	الحشرات الناقلة
فيروس الذبول المنقط في الطماطم/ باقي	Tospoviruses	الفاصوليا، الفول، الخس، الفلفل، الطماطم	حشرات التربس
فيروس تجعد واصفرار أوراق الطماطم/ باقي	Geminiviruses فيروسات توأمية	الطماطم	ذبابة التبغ البيضاء
فيروس اصفرار عروق أوراق الخيار/ نصف باقٍ	غير معروف	الخيار، الشمام	ذبابة التبغ البيضاء
فيروس اصفرار الخس/ غير مؤكد	Clasterovirus	الخس	ذبابة التبغ البيضاء
فيروس اصفرار الخس المُعدي/ نصف باقٍ	Clasterovirus	الخس، الشمام، البطيخ، الكوسة	ذبابة التبغ البيضاء
فيروس تقزم واصفرار القرعيات/ نصف باقي	Clasterovirus	الخيار، الشمام	ذبابة التبغ البيضاء
فيروس اصفرار البنجر الكاذب/ نصف باقي	Clasterovirus	الخيار، الشمام، الخس	ذبابة البيت المحمي البيضاء
فيروس اصفرار الطماطم المُعدي/ نصف باقي	Clasterovirus	الطماطم	ذبابة البيت المحمي البيضاء
فيروس اصفرار الطماطم/ غير مؤكد	Clasterovirus	الطماطم	ذبابة البيت المحمي/التبغ البيضاء
فيروس تبرقش القرعيات/ غير باقٍ	Comoviruses فيروسات تبرقش اللوبيا	الشمام، البطيخ، الكوسة	الخنافس (مثل خنافس الخيار)

المصدر: (Albajes *et al.*, 1999).

قافزات الأوراق Leafhoppers

يُعرف على الأقل ٣٦ نوعاً من قافزات الأوراق والتي تنقل مالايقل عن ٣٣ فيروساً ممرضاً للنبات-هذا بالإضافة إلى قدرة تلك القافزات على نقل الفيتوبلازما/البكتيريا الوعائية والتي سبق الحديث عنها في الباب الخاص بالبكتريا الممرضة للنبات (التي تنتقل بواسطة الحشرات). وتتلخص خصائص نقل الفيروسات بواسطة قافزات الأوراق فيما يلي (Nault and Ammer, 1989 و Harris, 1981):

- متخصصة جداً في عملية النقل (أي أن هناك أنواعاً محددة من الفيروسات تنتقل بواسطة أنواع متخصصة من القافزات)، كما أنها تقتصر في نقلها (أي القافزات) على نقل فيروسات الاصفرار ولا تنقل فيروسات التبرقش/الموزاييك.
- تكتسب الفيروسات (أو الفيتوبلازما) من أنسجة اللحاء (أو الخشب) للعائل النباتي المصاب.
- معظم الفيروسات التي تنقلها القافزات باقية (دوّارة ومتكررة/متضاعفة) في الحشرة الناقلة.
- تنقل القافزات عدداً قليلاً من الفيروسات نصف الباقية (غير الدوّاره) والاكتساب والعدوى هنا من خلال عملية الابتلاع (مع العصارة) والترجيع (الشائع حدوثها مع حشرات المن والبق الحقيقي).
- لا تنتقل الفيروسات في القافزات الناقلة خلال عملية الانسلاخ.

ومما يوضح أن هناك درجة عالية من التخصص في الاكتساب والنقل لمسببات الأمراض الفيروسية -على سبيل المثال-انتقال فيروس تجعد القمة في القرعيات (SCTV) والذي يتبع للجنس *Curtovirus* والذي ينتقل فقط بواسطة قافزة ورق البنجر *Circulifer tenellus* (Chen and Gilbertson, 2009)، كما وجد في دراسة أخرى (Lett *et al.*, 2002) أن فيروس تخطيط الذرة الشامية (MSV) التابع للجنس *Mastrevirus*

(شكل ٥٢) والذي ينتقل بواسطة قافزة الأوراق *Cicadulina mbila* (شكل ٥٣) يوجد (أي الفيروس) في القناة الهضمية، الهيمولمف والغدد اللعابية للحشرة الناقلة السابقة بينما يوجد (الفيروس) في القناة الهضمية فقط للقافزات غير الناقلة بالرغم من كون الأخيرة تتبع لنفس الجنس السابق (أي *Cicadulina*).

شكل (٥٢). صنف ذرة شامية مقاومة (يمين) وآخر حساس (الخط الأيسر) لفيروس تخطيط الذرة الذي ينتقل بواسطة قافزة الأوراق.

المصدر: (IITA, 1985).

شكل (٥٣). قافزة أوراق الذرة الناقلة لفيروس تخطيط الذرة.

المصدر: (IITA, 1985).

يتكرر (يتضاعف) فيروس تقزم الأرز (RDV) والذي تنقله قافزة الأوراق *Nephotettix cincticeps* في كل من النبات العائل (الأرز) والقافزة الناقلة، كما ينتقل إلى نسل القافزة من خلال طور البيض، كما يتم توارثه خلال تناسل القافزة لفترة تصل لست سنوات في معامل التربية (معامل تربية الحشرة) (Honda *et al.*, 2007). وفي دراسة أخرى، وجد أن كفاءة النقل في بعض القافزات ترتبط ببعض الظروف مثل جنس الحشرة الناقلة (ذكر أم أنثى)، درجة الحرارة وفترة الإضاءة. فمثلاً، وجد أن إناث القافزة *Graminella nigrifrons* التي تنقل تقزم وشحوب الذرة الشامية (MCDV) أكثر كفاءة (أي الإناث) من الذكور في نقل الفيروس كما أن كفاءة النقل أيضاً تزداد بارتفاع درجة حرارة التربية (من ٢٠-٣٠°م) وكذلك مع زيادة طول الفترة الضوئية اليومية التي تتعرض لها الحشرة الناقلة (Gingery *et al.*, 2004).

قافزات النبات وقافزات الأشجار Planthoppers and Treehoppers

قافزات النبات

تتبع لعائلة/فصيلة Delphacidae وتنقل أفرادها العديد من الفيروسات (الممرضة للنبات) التي تنتمي إلى عائلتي Reoviridae و Rhabdoviridae. وتتشابه مواصفات انتقال الفيروسات بواسطة قافزات الأشجار مع تلك الخاصة بقافزات الأوراق، فالفيروسات دوّارة، متكررة/متضاعفة، لها فترة كمون طويلة، تكون تلك الفيروسات محصورة في لحاء العائل النباتي وفي مرض هوجابلانكا الفيروسي على الأرز مثلاً فإن الفيروس ينتقل إلى النسل خلال طور البيضة للحشرة الناقلة (شكل ٥٤) (Nault and Ammer, 1989 و Harris, 1981).

ومن الفيروسات التي تنتقل بواسطة قافزات النبات مرض فيجي الفيروسي (FDV) وهو فيروس تابع للجنس *Fijivirus* ويسبب هذا الفيروس تورّم أوراق قصب

السكر وهو ينتقل بواسطة قافزة النبات Kirkaldy *Prekinsiella saccharicida* بطريقة دوّارة متكررة/متضاعفة ويمكن لحشرة واحدة (قافزة) أن تكون كافية لنقل الفيروس إلى نبات سليم. كما تبين أنه لا يوجد اختلاف في كفاءة النقل من حيث نوع الجنس (ذكر/أنثى)، صفة وجود الأجنحة (مجنحة/غير مجنحة) أو اختلاف طور الحشرة (حورية/حشرة كاملة) في الحشرة الناقلة للفيروس (Ridley *et al.*, 2008). كما وجد أن قافزة النبات Fennah *Delphacode kuscheli* تنقل أهم مرض فيروسي على الذرة الشامية في الأرجنتين (فيروس مالدريو كوارتو MRCV) وقد وجد أن القافزة الناقلة تقضي فترة التشتية Overwintering على نباتات الشوفان ثم تنتقل منها إلى الذرة الشامية عند توفرها في الحقول (Costamangna *et al.*, 2005).

إن قافزة النبات *Peregrinus maidis* تنقل كلاً من فيروس تخطط الذرة (MSV) وفيروس موازييك (تبرقش) الذرة (MMV) (شكل ٥٣). وقد تبين من الدراسة نفسها أن زيادة الكثافة العددية للحشرة الناقلة تُبطل مقاومة (سلالات الذرة الشامية) للفيروسين المرضين السابقين (Dintinger *et al.*, 2005).

شكل (٥٤). إحدى قافزات النبات الناقلة لمسببات الأمراض النباتية الفيروسية والفيتوبلازمية مثل فيروس تبرقش الذرة الشامية ومرض هوجا بلانكا على الأرز.

المصدر: (Meyer, 2003).

قافزات الأشجار

وتتبع لعائلة Membracidae وتنقل أعداداً قليلة من الفيروسات ومن أشهرها فيروس تجعد قمة الطماطم الكاذب (TPCTV) وينتقل بواسطة الحشرات الكاملة (شكل ٥٥) والحوريات لقافزة الأشجار *Micrutalis malleifera*. الفيروس تابع لجنس/ متكرر/متضاعف في الحشرة الناقلة وفترة كمونه في الحشرة الناقلة من يوم إلى يومين ولا ينتقل خلال طور البيضة إلى النسل. عندما تكتسب الحشرة الناقلة لهذا الفيروس فإنها تكون معدية للنبات العائل طوال فترة حياتها، أو بمعنى آخر، فإن فترة استبقاء الفيروس تدوم طول فترة حياة الحشرة الناقلة- بعد اكتسابه (Tsai, 2001).

شكل (٥٥). إحدى قافزات الأشجار الناقلة لبعض مسببات الأمراض النباتية الفيروسية مثل فيروس تجعد القمة الكاذب في العائلة الباذنجانية.

المصدر: (Meyer, 2003).

البق الدقيقي Mealybugs

يُعرف ثمانية عشر نوعاً من البق الدقيقي تابعة لعشرة أجناس كلها تنتمي لعائلة/فصيلة البق الدقيقي Pseudococcidae قادرة على نقل أنواع محددة من الفيروسات

الممرضة للنبات. من الأمثلة المهمة لتلك الفيروسات مايلي (Harris, 1981، Sether and Mu, 2002 و Tsai *et al.*, 2008):

- فيروس تضخم أفرع الكاكاو Cacao swollen shoot virus

ينتقل هذا الفيروس بواسطة البق الدقيقي *Planococcoides njalensis* (Laing) (شكل ٥٦) ويسبب هذا الفيروس (والحشرة الناقلة له) خسائر فادحة في محصول الكاكاو في أماكن زراعته في غرب القارة الأفريقية (خصوصاً في غانا) وقد اتضح أن الحل الوحيد للتخلص منه هو إزالة الأشجار المصابة وإعادة زراعتها بشتلات سليمة.

شكل (٥٦). حشرة البق الدقيقي الناقلة لفيروس تضخم أفرع الكاكاو.

المصدر: (Meyer, 2003).

- فيروس التفاف أوراق العنب- ٣ Grapevine leafroll virus-3

ينتقل هذا الفيروس بين عرائش العنب بواسطة بق مدادات العنب- الدقيقي (البق الدقيقي لمدادات العنب) *Planococcus ficus*

ومن مواصفات الانتقال للفيروسين السابقين مايلي:

- تنتقل تلك الفيروسات بالطرق نصف الباقية (غير دوّارة).

* الأطوار الحورية الأولى للحشرات الناقلة أكثر كفاءة في نقل تلك الفيروسات من الأطوار الكاملة (ربما يعزى ذلك إلى قلة التغذية في الأطوار الكاملة مقارنة بالحوريات).

* لا توجد فترة كمون (للفيروسات المنقولة) في الحشرات الناقلة.

* لا ينتقل الفيروس خلال طور البيضة في الحشرات الناقلة.

* الحد الحرج لفترة الاكتساب والعدوى ٥-٧ ساعات للفيروس الأول (فيروس الكاكاو).

* الحد الحرج لفترة الاكتساب والعدوى ساعتان للفيروس الثاني (فيروس العنب).

• كما تجدر الإشارة إلى أن أعراض مرض ذبول الأناناس تنتج عن إصابة الأناناس المشتركة والمتزامنة بكل من الفيروس الممرض التابع لجنس *Clesterovirus* وكذلك الحشرات الناقلة له وهما نوعان من البق الدقيقي *Dysmicoccus* spp. ولا تظهر تلك الأعراض (أي الذبول) بوجود أي منهما بمفرده (Sether and Hu, 2002).

حشرات التربس (عائلة/فصيلة Thripidae : رتبة هدبية الأجنحة Thysanoptera)

تُعرف أعداد قليلة من الفيروسات الممرضة للنبات والتي تنتقل بواسطة حشرات التربس، منها على سبيل المثال فيروس التبقع الأصفر للسوسن (IYSV) وفيروس التبقع المميت في الطماطم (TCSV)، إلا أن أكثر تلك الأمراض الفيروسية (التي تنتقل بواسطة التربس) أهمية وشهرة على الإطلاق هو فيروس الذبول المبقع في الطماطم (TSWV) وهو أول مرض فيروسي ثبت نقله بواسطة حشرات التربس، ويصيب هذا الفيروس أكثر من ١٦٠ نوعاً من العوائل النباتية من أهمها البطاطس والطماطم والفلفل (في الحقول والبيوت المحمية) وينتقل هذا الفيروس بواسطة ثمانية أنواع مختلفة

من حشرات التربس إلا أن أكثرها أهمية هما تربس البصل *Thrips tabaci* Lind. (شكل ٦٨) وتربس الأزهار *Frankiniella occidentalis* (Perg.). الفيروس يتبع لجنس *Tospovirus* (عائلة Bunyaviridae). ومن خصائص انتقال هذا الفيروس (فيروس الذبول المبقع في الطماطم) بواسطة حشرات التربس مايلي (German *et al.*, 1992، Ullman *et al.*, 1997، Nagata *et al.*, 1997، Maris *et al.*, 2004 و Whitfield *et al.*, 2005):

- هذا الفيروس من النوع الباقي (دوّار ومتكرر/متضاعف) في الحشرة الناقلة.
- فترة الكمون من ٤- ١٦ يوماً.
- ينتقل الفيروس خلال عملية الانسلاخ للحشرة الناقلة.
- حوريات الحشرة الناقلة تكتسب الفيروس وينتقل بواسطة الحوريات (وكذلك الأطوار البالغة التي اكتسبت الفيروس في طور الحورية).
- لا ينتقل الفيروس من خلال طور البيضة إلى النسل.
- فترة الاستبقاء للفيروس طويلة وربما تمتد طوال فترة حياة الحشرة الناقلة.
- كفاءة النقل تعتمد على كمية (جرعة) الفيروس المكتسبة (من العائل النباتي المريض).
- الفيروس يؤثر سلبياً على خصوبة وطول فترة حياة الحشرة الناقلة (وبالذات تربس الأزهار).

وبالإضافة إلى أن حشرات التربس والفيروس السابق الذي تنقله تهاجم أو تصيب العديد من المحاصيل الحقلية كما سبق ذكره، إلا أنها أيضاً تصيب العديد من الحشائش الحقلية الحولية والتي تعمل (أي الحشائش) أيضاً كمستودع للآفات السابقة وربما تمضي عليها فترة التشتية Overwintering ثم تعيد إصابة أو مهاجمة المحاصيل

الحقلية عند توفرها في الحقول في الأوقات المناسبة (Kahn *et al.*, 2005). هذا وقد وجد في دراسة أخرى (Maris *et al.*, 2003)، أن زراعة نباتات الفلفل المقاومة لحشرات التربس تُقلل من إصابتها بفيروس الذبول المبقع في الطماطم حتى لو كانت حساسة للإصابة بهذا الفيروس. .

رتبة نصفية الأجنحة Hemiptera

وتسمى الحشرات التابعة لهذه الرتبة بالبق الحقيقي True bugs وقد سبق الحديث عن أن أجزاء الفم في حشرات البق الحقيقي من النوع الثاقب الماص، وقد تبين أن الأنواع الكبيرة منها تعمل على تشريط الأنسجة النباتية وتُحدث أضراراً كبيرة بها (أثناء عملية التغذية)، مما يقلل إلى حد كبير من كفاءتها في نقل الفيروسات الممرضة للنبات (خصوصاً عند مقارنتها بحشرات المن الثاقبة الماصة على سبيل المثال). وتوجد أنواع البق الحقيقي التي ثبت نقلها لفيروسات ممرضة للنبات في عائلتين هما كما يلي (Harris, 1981 و Nayudu, 2008):

عائلة/فصيلة Piesmidae

ويتبع لهذه العائلة الجنس *Piemisia* ويمثله النوع *P. quadratum* (شكل ٥٧) والذي ينقل فيروس تجعد أوراق البنجر Beet leaf curl virus (BLCV)، ومن مواصفات انتقال هذا الفيروس مايلي:

- الفيروس من النوع الباقي الدوّار في جسم الحشرة الناقلة.
- يتم اكتساب الفيروس من أنسجة اللحاء للعائل النباتي.
- أقل زمن لازم لكل من الاكتساب والعدوى بالفيروس ٣٠ دقيقة.

• طول فترة الكمون يعتمد على طول فترة التغذية لاكتساب الفيروس؛ أي أنها تعتمد على جرعة الفيروس المكتسبة؛ فكلما كانت الجرعة أكبر قصرت فترة الكمون للفيروس.

• يستبقي الفيروس في الحشرة الناقلة طوال فترة حياتها (وخلال فترة التشتية Overwintering).

• لا ينقل الفيروس من خلال طور البيضة إلى النسل.

شكل (٧٠). بق النبات الرمادي من جنس *Piesma* والناقل لفيروس تبرقش أوراق البنجر.

المصدر: (Meyer, 2003).

عائلة/فصيلة Miridae

ويتبع لهذه العائلة الجنس *Cyrtopeltis* ومثله النوع *C. nicotianae* والذي ينقل فيروس موزاييك (تبرقش) الفاصوليا الجنوبي southern bean mosaic virus (SBMV) ومن مواصفات انتقاله مايلي:

• الفيروس من النوع النصف باقي.

- تحتاج الحشرة الناقلة لدقيقة واحدة على الأقل لاكتساب الفيروس إلا أن معدل النقل يزداد مع زيادة فترة التغذية للحشرة الناقلة.
- فترة العدوى تحتاج من ساعة إلى ساعتين.
- الحشرة تبقى مُعدية (بالفيروس) لفترة تصل إلى عشرة أيام.

رتبة ثنائية الأجنحة Diptera

صانعات/ناخرات الأوراق Leafminers، عائلة/فصيلة Agromizidae يوجد نوعان من الذباب كلاهما من صانعات الأنفاق يتبعان للجنس *Liriomyza* وهما *L. langei* (Frick) و *L. sativae* Blanchard ثبت نقلهما لفيروسات ممرضة للنبات منها على سبيل المثال فيروس تبرقش (موزاييك) التبغ (TMV) وينتقل بواسطة النوع الأول السابق ذكره (شكل ٥٨) وكذلك فيروس تبرقش (موزاييك) الكرفس، البطيخ والقرع وتنتقل بواسطة النوع الثاني من صانعات الأنفاق. والأرجح أن تلك الفيروسات تنتقل بواسطة تلك الحشرات بالطرق الميكانيكية وقد يشاركها في ذلك بعض الحشرات الأخرى مثل قافزات الأوراق أو القافزات البرغوثية fleahoppers. كذلك، يبدو أن عدوى النبات بتلك الفيروسات الممرضة يتم من خلال عملية وضع البيض وخدش النبات بواسطة آلة وضع البيض للإناث، حيث تعمل على تشريط أنسجة النبات وتدفق العصارة منها (والتي قد تستغلها الحشرات الكاملة من صانعات الأنفاق لترتشف العصارة الناضحة بواسطة أجزاء الفم الأسفنجية)، ولذلك فإن العدوى بالفيروس تتم من خلال تلك العمليات (وضع البيض أو التغذية)، أي بمعنى أن تلك الفيروسات تكون محمولة على آلة وضع البيض أو على أجزاء الفم وتتم العدوى بطريقة ميكانيكية (Zitter and Tsai, 1997 و Zitter and Tsai, 1980).

شكل (٥٨). إحدى صانعات الأنفاق (ناخرات الأوراق) التابعة لجنس *Liriomyza* الناقلة لفيروس تبرقش (موزاييك) القمح.

المصدر: (Meyer, 2003).

رتبة مستقيمة الأجنحة Orthoptera، رتبة جلدية الأجنحة Dermaptera ورتبة حرشفية الأجنحة Lepidoptera

وتشمل الرتبة الأولى النطاطات Grasshoppers والرتبة الثانية حشرات إبرة العجوز Earwigs. ومن الأمثلة على النطاطات الناقلة لبعض الفيروسات الممرضة للنبات النطاط *Leptophyes punotatissima* والنطاط *Chorthippus bicolor* ومن رتبة جلدية الأجنحة حشرة إبرة العجوز *Forficula auricularia* . تلك الحشرات السابقة قادرة على نقل فيروس التبرقش (الموزاييك) الأصفر للفت (TYMV)، Turnip yellow mosaic virus. ويمكن لتلك الحشرات نقل الفيروس السابق (والأرجح أن ذلك النقل يتم بطريقة ميكانيكية) لكل من اللفت، الزهرة، الملفوف والقرنبيط. كما يمكن لبعض الفراشات وأبو دقيق (حرشفية الأجنحة) أن تنقل بعض الفيروسات بنفس الطريقة (Nayudu, 2008 و Gillott, 2005).

جدول (٨). أجناس الفيروسات الممرضة للنبات مُصنفة/مُرتبة حسب طريقة انتقالها بواسطة الحشرات.

فيروسات باقية متكررة/متضاعفة في الحشرة الناقلة	فيروسات باقية دوّارة في الحشرة الناقلة	فيروسات نصف باقية غير دوّارة في الحشرة الناقلة	فيروسات غير باقية غير دوّارة في الحشرة الناقلة
Tospovirus	*Begomovirus*	*Badnavirus*	*Alfamovirus*
Marafivirus	*Curtovirus*	*Caulimovirus*	*Carlavirus*
Phtorevirus	*Mastrevirus*	*Closterovirus*	*Cucumovirus*
Fijivirus	*Enamovirus*	*Sequivirus*	*Fabavirus*
Oryzavirus	*Luteovirus*	*Trichovirus*	*Machlomovirus*
Phytorhabdovirus	*Polerovirus*	*Waikavirus*	*Macluravirus*
Cytorhabdovirus	*Enamovirus*		*Potexvirus*
Nucleorhabdovirus	*Nanavirus*		*Potyvirus*
Tenuivirus	*Umbravirus*		
	Bromovirus		
	Carmovirus		
	Comovirus		
	Sobemovirus		
	Tymovirus		

المصدر: (Power, 2000).

الفصل السابع

العوامل المؤثرة على كفاءة الانتقال بواسطة الحشرات

هناك العديد من العوامل التي تؤثر على أهمية وكفاءة الحشرات الناقلة لمسببات الأمراض الفيروسية النباتية (Leach, 2007 و Harris and Maramorosch, 1977) ومن أهم تلك العوامل:

١- ميكانيكية التغذية للحشرة الناقلة.

٢- سلوك الحشرة الناقلة.

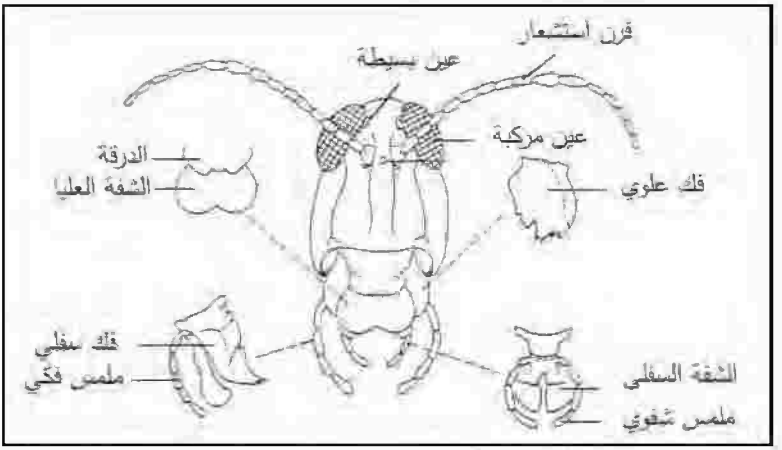
٣- وفرة الحشرة الناقلة.

٤- سهولة الاكتساب والنقل للفيروس وكذلك قدرة الفيروس على التكرار (التضاعف) داخل الحشرة الناقلة وقد جرى التطرق لها في مواضع أخرى من هذا الباب/الكتاب، أما العوامل الثلاثة الأولى فسوف يتم إلقاء الضوء عليها فيما يلي:

أولاً: ميكانيكية التغذية للحشرة الناقلة Feeding Mechanism of Insect Vector

سوف يتم استعراض أنواع مختلفة من الحشرات الناقلة للفيروسات والتي تختلف في ميكانيكية تغذيتها وبالتالي في كفاءتها في نقل مسببات الأمراض الفيروسية النباتية.

• الحشرات ذات أجزاء الفم القارضة وتشمل الحشرات التابعة لرتبة مستقيمة الأجنحة (الجراد والنطاطات) والحشرات التابعة لرتبة غمدية الأجنحة (الخنافس والسوس) ولها أجزاء فم قارضة، شكل ٥٩ وعندما تقوم هذه الحشرات بعملية التغذية على الأنسجة النباتية فإنها تحدث جروحاً عميقة وتهتك الخلايا والأنسجة ولذلك فإن الحشرات التي تحدث جروحاً كبيرة وتتسبب في موت الخلايا النباتية تكون أقل كفاءة في نقل الفيروسات للنباتات التي تتغذى عليها، حيث إن موت الخلايا في موضع/موقع التغذية يجعل الفيروسات لا تنتقل ولا تتكرر في تلك الخلايا بكفاءة (حيث تحتاج الفيروسات إلى خلايا حية لتتكرر وتتضاعف فيها). وانتقال الفيروسات في مثل هذه الحالات ربما يكون غالباً بطريقة ميكانيكية (أي قد يكون نقلاً غير متخصص).



شكل (٥٩) أجزاء فم لحشرة قارضة (النطاط).

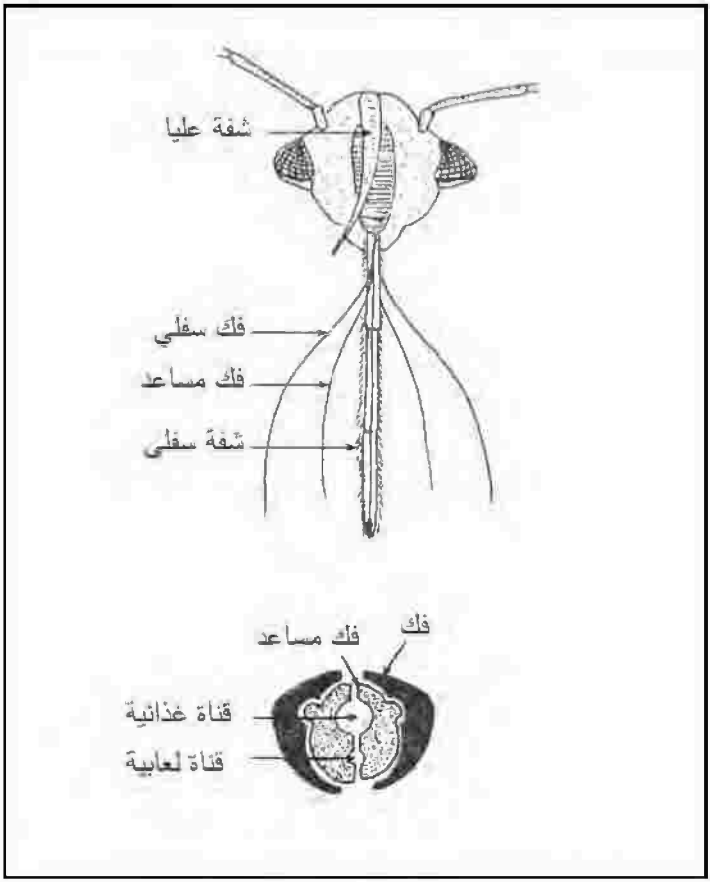
المصدر: (Arnett and Jacques, 1981).

• الحشرات ذات أجزاء الفم الثاقب الماص التابعة لرتبة متشابهة الأجنحة وهنا تندرج أجزاء الفم الثاقبة الماصة في حشرات المن Aphids (شكل ٥٠) وفي القافزات (مثل قافزات الأوراق Leafhoppers) وفي الذباب الأبيض White flies ، وحشرات السّلد Psyllids، وكذلك البق الدقيقي Mealybugs والبق الباصق Spittle bugs. هذه الحشرات الثاقبة الماصة تتحور فيها أجزاء الفم (خصوصاً الفكوك العلوية والسفلية) بطريقة تجعلها قادرة على ثقب خلايا النبات وامتصاص العصارة منها (وهي غالباً تحقن اللعاب وتمتص العصارة). وفي هذه الحشرات ؛ تتحور أجزاء الفم بشكل رمحي لا يزيد قطره عن عدة ميكرونات تجعل الحشرة قادرة على اختراق الخلايا النباتية دون أن تُحدث جروحاً واضحة فيها، فعلى سبيل المثال تبحث حشرات المن عن الحزوز بين الخلايا النباتية anticlines وتُدخل أجزاء الفم الرمحية من خلالها لتصل إلى الموضع المناسب للتغذية (حيث تحقن اللعاب وتمتص العصارة دون إحداث جروح تذكر في الخلايا النباتية)، وفي مثل هذه الحالات يكون الوضع مناسباً جداً للحقن أو العدوى بالفيروسات الممرضة للنبات وتكون الخلايا النباتية مناسبة لتكرار (تضاعف) الفيروسات التي تمت العدوى بها. أما الأنواع الكبيرة أو المجموعة من الحشرات السابقة فإنها تخترق جدر الخلايا النباتية مباشرة بأجزاء الفم الرمحية (الثاقبة الماصة) لكي تصل إلى أنسجة اللحاء وتمتص العصارة (أي أنها لا تبحث عن الحزوز بين الخلايا المذكورة سابقاً)، وقد يؤثر نوع النبات وعمره وتركيبه على عملية السبر (التذوق) والتغذية واختيار العائل المناسب وبالتالي على نقل وانتشار وتفشي الأمراض الفيروسية النباتية. ومن الجدير بالذكر أيضاً أن بعض الحشرات الثاقبة الماصة تسد الجروح بعد عملية امتصاص العصارة باللعاب فتمنع دخول الميكروبات الأخرى (الممرضة للنبات) وتبقى الخلايا النباتية سليمة وفي هذه الحالة تكون تلك الخلايا جيدة ومناسبة لتكرار

(تضاعف) الفيروس إذا كانت الحشرة قد حقنته خلال فترة تغذيتها. هذا بالإضافة إلى أن حشرات المن على سبيل المثال تقوم بتكرار عملية اختبار وسبر (تذوق) العصارة النباتية مرات عديدة وخلال تلك العملية فإنها قد تُعدي تلك النباتات بالفيروسات الممرضة وقد يكون ذلك للعوائل النباتية المناسبة وغير المناسبة على حد سواء وهي بذلك قد تنقل مسبب المرض الفيروسي إلى نبات آخر قد لا تستخدمه كعائل لها وإنما تنقل الفيروس خلال عملية تذوق واختبار العصارة النباتية.

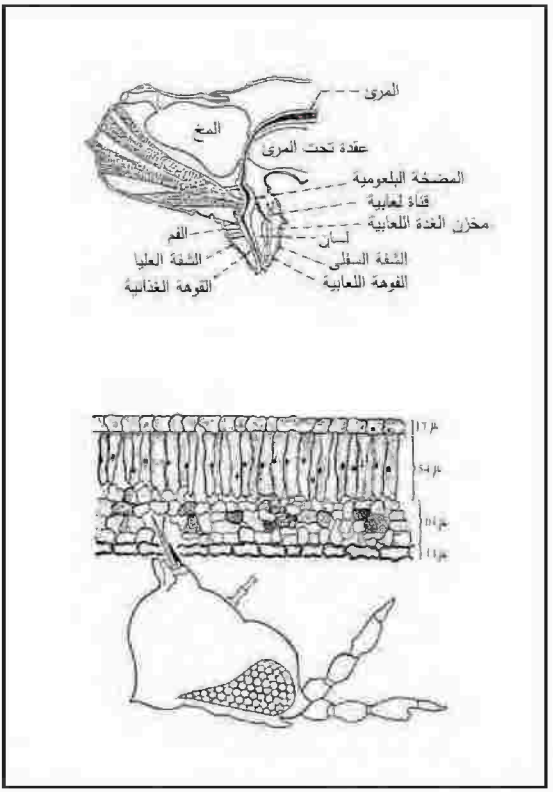
• الحشرات ذات أجزاء الفم الثاقبة الماصة التابعة لرتبة نصفية الأجنحة (البق الحقيقي؛ ومنها بق الأوراق والبق النتن) (شكل ٦٠)، وهي تختلف عن الحشرات الثاقبة الماصة السابقة (المن، الذباب الأبيض .... إلخ) في أن أجزاء الفم الثاقبة الماصة فيها تعمل على تشريط وتمزيق الأنسجة النباتية عند التغذية Lacerate & flush وعند فيض العصارة (من تلك الأنسجة) فإنها تبدأ في امتصاصها، وهنا يكون التلف (في الخلايا والأنسجة) أكبر كما أن كمية اللعاب المفرزة (المحقونة) والعصارة الممتصة تكون أكبر ولذلك فإن الحشرات التابعة لهذه المجموعة أقل أهمية وكفاءة في نقل مسببات الأمراض الفيروسية النباتية.

• الحشرات التابعة لرتبة هدبية الأجنحة (التربس): وأجزاء الفم في هذه الحشرات (التربس) (شكل٦١) تعمل على بشر الأنسجة وامتصاص العصارة النباتية rasping-sucking؛ وهنا تعمل أجزاء الفم كالمثقاب لاختراق الأنسجة حتى تصل أجزاء الفم إلى خلايا الميزوفيل وهي خلال هذه العملية تتلف الأنسجة خلال عملية التغذية ولذلك فإن كفاءتها في نقل مسببات الأمراض الفيروسية منخفضة إذا ما قورنت بحشرات المن السابق ذكرها.



شكل (٦٠). أجزاء فم لحشرة ثاقبة ماصة (بق النبات).

المصدر: (بدوي والسحيباني، ٢٠٠٤).



شكل (٦١). (أعلى) رسم تخطيطي يوضح أجزاء الفم لحشرة التربس.

(أسفل): رسم تخطيطي يوضح عملية تغذية حشرة التربس على نسيج ورقة نبات وعمق جروح التغذية.

المصدر: (Leach, 2007).

ثانياً: سلوك الحشرة الناقلة Behavior of insect vector

الحشرات الناقلة لمسببات الأمراض النباتية يجب أن تكون قادرة على الحركة والانتقال من نبات إلى نبات آخر لكي تنقل المسبب المرضي من النبات المصاب (المريض) إلى النبات السليم ولا يتم ذلك إذا كانت الحشرة من النوع المُستقر (غير

المتحرك، Sessile) مثل الأطوار غير المتحركة من الحشرات القشرية والبق الدقيقي. على النقيض من ذلك فإن حشرات المن-على سبيل المثال- حشرات متحركة ونشطة وتوجد بأشكال مختلفة فمنها المجنحة Alate وغير المجنحة Apterate، وتتميز الأفراد المجنحة منها بأنها (Kring, 1972 و Loxdale *et al.*, 1993):

- سريعة الحركة ومتكررة الانتشار (وهذه صفة/ميزة جيدة ومهمة للحشرات الناقلة لمسببات الأمراض النباتية الفيروسية كما ذكر آنفاً)، وحتى الأفراد غير المجنحة يمكنها أيضاً أن تنتقل من نبات إلى آخر وتنقل معها مسببات الأمراض النباتية بكفاءة عالية.

- وجد أن حشرات المن تنجذب أكثر إلى النباتات الخضراء مصفَّرة اللون (المصابة بالفيروسات)، حيث تنقل منها تلك المسببات المرضية إلى نباتات سليمة. كما وجد أيضاً أن حشرات المن تنجذب إلى أرضية المحصول حيث توجد خطوط خضراء من النباتات على أرضية بنية (وهي التربة) وهذا التباين يزيد من تركيز أعداد حشرات المن الناقلة للفيروسات على النباتات التي تمر (وتهبط) عليها.

كما تجدر الإشارة إلى أن حشرات البق الدقيقي لها القدرة على الحركة والانتشار فقط في أطوارها الحياتية المبكرة (الأولى)، حيث تنقل معها مسببات الأمراض إلى عوائل نباتية سليمة. كما يلاحظ أيضاً أن بعض الحشرات الناقلة لمسببات الأمراض الفيروسية والفيتوبلازمية يمكن أن تنتشر وتهاجر لمسافات طويلة (محمولة بالرياح)، فمثلاً قافزات الأستر Aster leafhopper يمكن أن تهاجر من شمال إلى جنوب قارة أمريكا الشمالية، ولذا فقد تنتشر بعض مسببات الأمراض النباتية بواسطة نواقلها الحشرية إلى مسافات بعيدة (Chaput, 1989 و Weintraub and Beanland, 2006).

ثالثاً: وفرة الحشرة الناقلة Abundance of insect vector

تتوالد حشرات المن، على سبيل المثال، بأعداد كبيرة جداً (بكرياً) ويمكن أن تتضاعف أعداد العشائر populations فيها كل يومين تقريباً عندما تتوفر الظروف البيئية المناسبة كما أن الحوريات حديثة الولادة يمكن أن تعطي جيلاً جديداً كل ٥ – ٧ أيام. وفي الغالب يزداد تفشي الأمراض النباتية (خاصة الفيروسية) مع زيادة أعداد الحشرات الناقلة (Blackman and Eastop, 2000 و Mccomack *et al.*, 2004).

الفصل الثامن

انتقال مسببات الأمراض النباتية الفيروسية بواسطة الخنافس
Transmission of Viral Plant Diseases by Beetles

توجد الخنافس الناقلة لمسببات الأمراض النباتية الفيروسية في أربعة عوائل (فصائل) تابعة لرتبة غمدية الأجنحة Coleoptera وهذه العوائل (الفصائل) هي عائلة خنافس الأوراق Chrysomalidae، عائلة خنافس أبي العيد Coccinellidae، عائلة السوس Curculionidae وعائلة الخنافس الحراقة Meloidae. وللخنافس طريقة فريدة من نوعها في نقل الفيروسات الممرضة للنبات وتتلخص خصائص انتقال الفيروسات بواسطة الخنافس فيما يلي (Harris, 1981، Fulton *et al.*, 1987، Gergerich, 2001، Wang, 1994، Nault *et al.*, 1978، Field *et al.*, 1994):

- تنتقل الفيروسات مع العصير الهضمي المفرز من الفم (القيء) Regurgitant حيث إن الخنافس لها غدداً لعابية فكية وليس لها غدد لعابية حقيقية (مستقلة).
- فترة الاكتساب والعدوى قصيرة كما أنه ليس للفيروسات فترة كمون في الخنافس الناقلة.

• كفاءة النقل للفيروسات تزداد مع زيادة زمن (فترة) التغذية في الخنافس الناقلة على العوائل النباتية المريضة، إلا أنه يمكن أن تكون قضمة واحدة كافية للعدوى بالفيروس في العوائل النباتية الحساسة.

• بعض الفيروسات التي تنقلها الخنافس دَوّارة، أي بمعنى أنها تصل وتتحرك مع الهيمولمف (الدم) للخنافس الناقلة بعد ابتلاع تلك الفيروسات.

• يمكن جعل الخنافس مُعدية بالفيروسات من خلال حقنها بتلك الفيروسات في الهيمولمف (الدم).

• بعض الخنافس الناقلة يمكن أن تكون مُعدية (للنبات العائل) بالفيروسات لفترة قصيرة (يوم واحد) ولكن يمكن لبعضها الآخر أن تكون مُعدية لفترة قد تصل إلى عدة أيام لأحد أنواع الفيروسات (لنوع محدد من الفيروسات).

• يمكن أن توجد الفيروسات المنقولة بواسطة الخنافس في مخلفاتها الإخراجية التي يمكن أن تتلوث العوائل النباتية بها.

• في الغالب، فإن الفيروسات الممرضة للنبات التي تنتقل بواسطة الخنافس لا يعرف أنها تنتقل بواسطة النواقل الأخرى (من مفصليات الأرجل).

• لا تتكرر (لا تتضاعف) الفيروسات داخل الخنافس الناقلة.

• اكتساب وانتقال الفيروسات (بواسطة الخنافس) يرتبط كثيراً بكل من حساسية العائل النباتي للإصابة وكذلك سعة المدى العائلي النباتي (للخنافس الناقلة).

• لا تنتقل الفيروسات (في الخنافس الناقلة) خلال عملية الانسلاخ.

• يمكن لبعض الفيروسات التي تنتقل بواسطة الخنافس أن تنتقل بواسطة البذور والنقل الميكانيكي وبعض العمليات الزراعية.

• الفيروسات التي تدخل إلى هيمولمف (دم) الحشرة الناقلة يتم دخولها من خلال القناة الهضمية الوسطى (أي من خلال الغشاء حول الغذاء Peritrophic membrane) ولا تدخل من خلال القناة الهضمية الأمامية أو الخلفية لأنهما مبطنتان عادة بمادة الكيتين.

• عملية إحداث الجروح بواسطة الخنافس أثناء عملية التغذية له دور مهم في دخول الفيروسات إلى الأوعية الناقلة للنبات العائل، وبالتالي نجاح عملية العدوى بالفيروس الممرض.

تنقل خنافس الأوراق التابعة لعائلة (فصيلة) Chrysomalidae السابق ذكرها أكبر عدد من الفيروسات الممرضة للنبات (المنقولة بواسطة الخنافس) (جدول ٩) مقارنة بالثلاثة عوائل (فصائل) الأخرى التابعة لرتبة غمدية الأجنحة. ويمكن أن تنتقل بعض الفيروسات بواسطة كل من الأطوار البالغة والأطوار اليرقية لخنافس الأوراق الناقلة. كما وجد أن هناك بعض الفيروسات التي تنقلها بعض خنافس الأوراق بكفاءة ولا توجد في هيمولمف الحشرة الناقلة ولكنها توجد في العصير الهضمي لها والمثال على ذلك فيروس تبرقش قرون الفاصوليا والذي ينتقل بواسطة خنفساء ورق الفاصوليا (شكل ٦٢) (حيث لا يوجد الفيروس في هيمولمف الحشرة الناقلة) ولذلك فإن الانتقال لهذا الفيروس يأخذ شكلاً من الانتقال (أو الحمل) على أجزاء الفم (للحشرة الناقلة) وبالتالي أخذه لصفة الانتقال للفيروسات النصف باقية.

شكل (٦٢). خنفساء ورق الفاصوليا الناقلة لفيروس تبرقش قرون الفاصوليا.

المصدر: (Cour. Agrochem, 2000).

كذلك يمكن أن يكون نوع الخنفساء الناقلة للفيروس هو العامل المحدد لحركة الأخير (داخل الخنفساء الناقلة) وبالتالي وصوله (أي الفيروس) إلى الهيمولمف من عدمه. كما اتضح أن الفيروسات الموجودة في الهيمولمف لا تنتقل منه إلى الغدد اللعابية الفكية للخنافس الناقلة. هذا وقد أوضحت بعض الدراسات أن بعض الفيروسات (مثل فيروس تبرقش قرون الفاصوليا) يمكن أن يستبقى في الحشرة الناقلة (وهي خنفساء ورق الفاصوليا) خلال فترة البيات الشتوي، وكما ذكر سابقاً فإن الفيروس الأخير لا يوجد في هيمولمف الحشرة الناقلة. وأخيراً، قد يرجع عدم حدوث العدوى للنبات بفيروس ما قد تنقله الخنافس إلى تثبيط ذلك الفيروس وتحلله بسبب (بواسطة) إنزيمات هضم البروتين الموجودة في العصير الهضمي للخنافس الناقلة أو ربما لحدوث تفاعل بين العصير الهضمي المذكور والمادة النباتية للعائل النباتي، وبالتالي عدم حدوث العدوى بالفيروس الممرض (Wang, *et al.*, 1992، Wang *et al.*, 1994، Ghabril and Schultz, 1983، و Langham *et al.*, 1990).

جدول (٩). أمثلة على الفيروسات الممرضة للنبات والتي تنتقل بواسطة الخنافس (رتبة غمدية الأجنحة Coleoptera).

العائلة/الفصيلة	الحشرة الناقلة*	اسم الفيروس المنقول
عائلة/ فصيلة خنافس الأوراق *Chrysomalidae*	*Acalymma theimei* Baly	فيروس تبرقش القرع
	Ceratoma ruficornis Oliver	فيروس تبرقش اللوبيا
	Diabrotica balteata Leconte	فيروس تبرقش قرون الفاصوليا
	Epithrix cucumeris (Harris)	فيروس تبرقش التبغ
	Phyllotreta atra (Fabr.)	فيروس التبرقش الأصفر في اللفت
عائلة/فصيلة خنافس أبي العيد Cocciniellidae	*Epilachna varivestis* Mulsant	فيروس التبرقش الجنوبي للفاصوليا
عائلة/فصيلة السوس Curculionidae	*Apion varipes* Germar	فيروس تبرقش النفل الأحمر
عائلة/فصيلة الخنافس الحراقة Meloidae	*Epicauta vittata* (Fabr.)	فيروس تبرقش قرون الفاصوليا

*يمكن لبعض الأنواع من هذه الخنافس نقل أكثر من نوع واحد من الفيروسات الممرضة للنبات

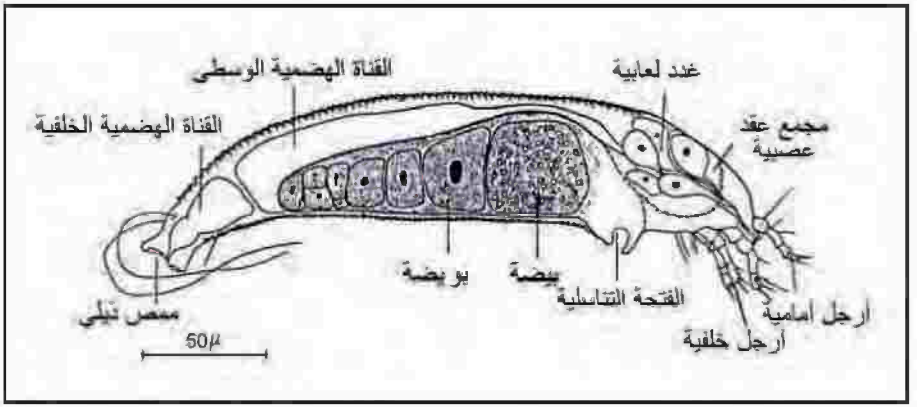
المصادر: (Harris, 1981 ،Fulton *et al.*, 1987 ،Gergerich, 2001).

الفصل التاسع

انتقال الفيروسات الممرضة للنبات بواسطة العلم
Transmission of Plant Pathogenic Viruses by Mites

الحلم (الأكاروسات) من مفصليات الأرجل التي يصعب التعامل معها نظراً لصغر حجمها، كما أن اللعاب السام الذي تحقنه في النبات أثناء عملية التغذية يسبب أعراضاً مرضية (على النبات) تشبه تلك الأعراض الناتجة عن مسببات الأمراض الفيروسية. هذا بالإضافة إلى أنها قد تسبب بعض الأورام والتشوهات في الأنسجة النباتية. عملية الحركة والانتشار الذاتية في الحلم بطيئة إلا أنها يمكن أن تنتقل بواسطة الرياح، الطيور والحشرات (من عائل نباتي إلى عائل نباتي آخر). كما أنها سريعة التكاثر ويمكن أن تعطي جيلاً جديداً كل ستة أيام (عند توفر الظروف المناسبة)، والأنواع الناقلة للفيروسات الممرضة للنبات تتكاثر غالباً بالطرق البكرية (أي تكاثر بكري Parthenogenesis). أجزاء الفم في الحلم ثاقبة ماصة ويمكن أن تسبب عدوى للنبات بالأمراض الفيروسية نتيجة لحقنها للفيروس مع اللعاب أو عند دخول الفيروسات (التي يمكن أن تتلوث بها أسطح الأوراق) وتدخل الخلايا النباتية عند تغذية الحلم. وللمزيد من الوضوح لما يتعلق بمواصفات انتقال الفيروسات الممرضة للنبات بواسطة الحلم (الأريوفي) (شكل ٦٣) سوف يتم استعراض مثالين لتلك الأمراض والتي

دُرست في السابق دراسة وافية (Harris, 1981، Orlob, 1966، Oldfield and Proesler, 1996، Kim *et al.*, 2001):



شكل (٦٣). رسم توضيحي للحلم الأريوفي (الناقل لبعض الفيروسات الممرضة للنبات) يوضح الأجزاء التشريحية الرئيسية.

المصدر: (Paliwal, 1980).

المثال الأول: فيروس التبرقش المخطط في القمح Wheat Streak Mosaic Virus

يتنقل هذا الفيروس بواسطة الحلم الأريوفي *Aceria tosichella* (سابقاً يسمى *Eriophyes tulipae*).

مواصفات الانتقال

- فترة الاكتساب ١٥ دقيقة من نبات قمح مصاب بالفيروس.
- فترة الاستبقاء ٩ أيام (على درجة حرارة ٢٥ °م).
- ينتقل الفيروس بين أطوار نمو الحلم خلال عملية الانسلاخ.
- يتم اكتساب الفيروس بواسطة الحوريات ويمكن نقله بواسطة الأطوار الكاملة.
- الفيروس دوّار Circulative داخل فراغ جسم الحلم إلا أنه يتركز في القناة الهضمية الخلفية .

- الاكتساب والعدوى خلال عملية الابتلاع والترجيع (ingestion-egestion).
- تكرار الفيروس داخل الحلم غير معروف.

المثال الثاني: فيروس تبرقش حشيشة الراي Ryegrass mosaic virus

- ينتقل هذا الفيروس بواسطة الحلم: *Aceria* (*Abacarus*) *hystrix*.
- كل الأطوار الحياتية للحلم تنقل الفيروس.
- يُكتسب الفيروس (بواسطة الحلم) بعد ساعتين من التغذية والعدوى تتم بعد ١٢ ساعة.
- الفيروس ينتقل خلال عملية الانسلاخ.
- يتم فقد الفيروس (والعدوى به) بعد تغذية الحلم على القمح لمدة ٢٤ ساعة (لأن القمح مقاوم لفيروس تبرقش حشيشة الراي).
- الفيروس دوّار داخل الحلم الناقل.

الجدير بالذكر أن كلا الفيروسين السابقين يتبعان لجنس *Rymovirus* وعائلة Potyviridae. ويعرف ما لا يقل عن ١٤ مرضاً فيروسياً نباتياً تنتقل بواسطة الحلم الأريوفي (Shukla *et al.*, 1994). هذا وقد بينت الدراسات في العقود الثلاثة الأخيرة قدرة بعض الأنواع من الحلم على نقل فيروسات ممرضة للنبات لم يكن يعرف في السابق أنها تنتقل بواسطة الحلم، منها على سبيل المثال انتقال فيروس عقم وتبرقش البازلاء بواسطة الحلم الأريوفي *Aceria cajani* وكذلك انتقال بعض الفيروسات بواسطة الحلم الكاذب التابع لجنس *Brevipalus* (من عائلة/فصيلة Tenuipalpidae) والتي تشمل أمراض فيروسية مهمة، منها على سبيل المثال فيروس تقشر الموالح *Citrus leprosis Virus* وكذلك فيروس البقع الحلقية للبن Coffee ringspot virus وكلا الفيروسين ينتقلان بواسطة الحلم الكاذب *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) ويمكن أن

تُحْدث خسائر فادحة في المحاصيل السابقة في الحالات التي تحدث فيها فورانات عددية (outbreak) للحلم الناقل لتلك الأمراض الفيروسية (Kumar *et al.*, 2003 و Kitajima *et al.*, 2010).

جدول (١٠). أمثلة لأمراض نباتية فيروسية تنتقل بواسطة أنواع مختلفة من الحلم الأريوفي.

اسم المرض الفيروسي	الحلم الأريوفي الناقل	المصدر
فيروس تخطيط وتبرقش القمح Wheat streak mosaic virus	*Aceria tosichella* (سابقاً *A.tulipae*)	(Oldfield, 1970)
فيروس تبرقش الراي Ryegrass mosaic virus	*Aceria hystrix*	(Slykhuis and Paliwal, 1972)
فيروس تبرقش الثوم Garlic mosaic virus	*Aceria tosichella*	(Ahmed and Benigko, 1985)
فيروس تبرقش الخوخ Peach mosaic virus	*Eriophyes insidiosus*	(Gispert *et al.*, 1998)
فيروس تورُّد الورد Rose rosette virus	*Phyllocoptes fructiphilus*	(Kim *et al.*, 1994)
فيروس تبرقش التين Fig mosaic virus	*Eriophyes ficus*	(Appiano *et al.*, 1995)
فيروس تبرقش وعقم البازلاء	*Aceria cajani*	(Kumar *et al.*, 2003)

الفصل العاشر

النيماتودا الناقلة لمسببات أمراض النبات الفيروسية
Nematode Vectors of Plant Viruses

تطفل النيماتودا على النباتات تكتنفه بعض التفاعلات المعّقدة تبدأ بانجذاب النيماتودا لجذور العائل النباتي ثم اختراقها لتلك الجذور ثم التعرُّف على الأنسجة ومواقع التغذية المناسبة. خلال تلك العمليات يمكن أن تنقل النيماتودا لعوائلها النباتية بعض مسببات الأمراض الفيروسية الموجودة في التربة ومن العوائل النباتية المريضة (Brown *et al.*, 1995 ، Taylor and Brown, 1997 ، Wang *et al.*, 2002 ، Demongeat *et al.*, 2005 ، Brown *et al.*, 1995 و Harris, 1981).

هناك أربع رتب نيماتودية تهاجم (تصيب) النباتات. الأنواع التابعة للرتبة Doryloimida والرتبة Triplonchida فقط هي التي لها القدرة على نقل الفيروسات الممرضة للنبات. أنواع النيماتودا التابعة لعائلة/فصيلة Longidoridae [وهي التابعة للأجناس *Longidorus* (ثمانية أنواع)، *Paralongidorus* (نوع واحد) و *Xiphinema* (سبعة أنواع)] لها القدرة على نقل الفيروسات التابعة لجنس *Nepovirus*. أما أنواع النيماتودا التابعة لعائلة/فصيلة Trichodoridae [وهي التابعة للأجناس

Paratrichodorus (سبعة أنواع) والجنس *Trichodorus* (أربعة أنواع)] فهي تنقل الفيروسات التابعة لجنس *Tobravirus* ويعرف منها ثلاثة فيروسات فقط ممرضة للنبات تنتقل بواسطة النيماتودا. وتجدر الإشارة إلى أن ثلث عدد الفيروسات التابعة لجنس *Nepovirus* والبالغ عددها ٣٧ فيروساً يمكن أن تُنقل بواسطة أنواع النيماتودا التابعة لعائلة/فصيلة Longidoridae ولها مدى عائلي واسع من النباتات البرّية والمستزرعة، كما أن تلك الفيروسات تنتقل بواسطة البذور وحبوب اللقاح.

وبشكل عام، فإن نقل الفيروسات الممرضة للنبات بواسطة النيماتودا يتم غالباً وفقاً لما يلي:

- يجب أن تكتسب النيماتودا الفيروس من نبات مصاب.
- يستبقي الفيروس في النيماتودا والذي تلفظه عندما تهاجم عائلاً نباتياً جديداً (لكي تتم العدوى به/ بالفيروس).
- لا يحدث تلوث للعائل النباتي الجديد بالفيروس من مصادر أخرى.

وقد اتضح من الدراسات السابقة أن هناك علاقة خاصة بين النيماتودا وما يمكن أن تنقله من فيروسات، تلك العلاقة مرتبطة بطبيعة، موقع وميكانيكية استبقاء الوحدات الفيروسية داخل النيماتودا الناقلة، وربما يمتد زمن الاستبقاء السابق ذكره لفترة تصل إلى سنة كاملة خصوصاً في الترب الرطبة. كما تتأثر نسبة الانتقال (للفيروس بواسطة النيماتودا) في المعامل والبيوت المحمية بدرجة الحرارة، رطوبة التربة، العائل النباتي، حجم عشيرة النيماتودا وأطوارها الحياتية، سلالة الفيروس وكذلك بحجم الأصص المستخدمة للزراعة.

النيماتودا التي تتغذى على الجذور يمكن أن تنقل الفيروسات بواسطة كل أطوار النمو الحياتية (للنيماتودا)، وكلما طالت فترات تغذية النيماتودا على العائل النباتي

المصاب، طالت فترة الاكتساب للفيروس وبالتالي ازدادت فرص الانتقال (نقل الفيروس بواسطة النيماتودا إلى عائل نباتي جديد).

مكان (موقع) استبقاء الفيروس في النيماتودا الناقلة

تلتصق (تدمص) الفيروسات في النيماتودا على بطانة الرمح الدائرية وعلى الجزء الأمامي من القناة الهضمية للنيماتودا الناقلة. هذه الفيروسات (المكتسبة) يتم التخلص منها (مع الكيوتيكل) بعد عملية الانسلاخ، ولذلك فإن الفيروسات لا تنتقل خلال عمليات الانسلاخ (not-transstadial transmitted)، ولذلك فهي غير دوارة داخل النيماتودا (non-circulative) كما أنها لا تنتقل خلال طور البيض (not-transovarial transmitted).

تتم ميكانيكية عدوى النبات بالفيروس من خلال عملية الابتلاع والترجيع للفيروس (Ingestion-egestion mechanism) في اللعاب وهي أشبه ما تكون بالعدوى بالفيروسات غير الدوّاره التي تنقلها حشرات المن. وقد وجد أن المتطلب الأساسي لنقل الفيروس بواسطة النيماتودا هو حدوث التوافق بين الفيروس والنيماتودا الناقلة من حيث مكان الاستبقاء (عملية الالتصاق السابق ذكرها) وهذا (التوافق) يتعلق/يرتبط بالبروتينات الموجودة على سطح الوحدات الفيروسية وكذلك واحد أو أكثر من العوامل الوراثية المُحددة. (Wang *et al.*, 2002).

من أشهر الأمثلة على الفيروسات التي تنتقل بواسطة النيماتودا فيروس الورقة المروحية في العنب (جدول ١١) وهو أول مرض فيروسي عُرف أنه ينتقل بواسطة النيماتودا. وقد تبين من الدراسات الأخيرة أن أطوار النيماتودا الناقلة لهذا المرض (المُعدية) يمكن أن تبقى حيّة في التربة الموبؤة لمدة تصل إلى أربع سنوات، وعندما يتوفر

العائل النباتي (العنب) في تلك التربة فإنه يصاب بالنيماتودا والفيروس الممرضين (Demangeat *et al* ., 2005).

جدول(١١). أمثلة على الفيروسات الممرضة للنبات من جنسي *Neboviruses* و *Tobraviruses* التي تنتقل بواسطة النيماتودا.

جنس واسم الفيروس	النيماتودا الناقلة	العائل/العوائل النباتية
أ) فيروسات من جنس *Neboviruses* ١- فيروس الورقة المروحية في العنب.	*Xiphinema index*	العنب
٢- فيروس الحلقة السوداء في الطماطم.	*Longidorus attenuatus*	مدى عائلي نباتي واسع مثل البرسيم، الملفوف، الخيار، البصل، الخس، العنب ... إلخ
ب) فيروسات من جنس *Tobraviruses* ١- فيروس خشخشة التبغ	*Paratrichodorus allius*	أكثر من ٤٠٠ من العوائل النباتية العشبية والشجرية
٢- فيروس الشحوب المبكر للبازلاء.	*Paratrichodorus anemones*	البازلاء والبرسيم

المصدر: (Taylor and Brown, 1997)