الباب الثامن

طرق انتقال فيروسات النبات

Methods of Plant Viruses Transmission

obeikandl.com

obeikandl.com

طرق انتقال فيروسات النبات

METHODS OF PLANT VIRUSES TRANSMISSION

تختلف طرق ووسائل انتشار الفيروسات اختلافًا كبيراً، فغشاء الخلايا السليلوزى فى النباتات المزهرة جعلها لا تصلح لأن تكون وسطا يتردد عليه الفيروس ويدخل بداخلها. ولكى ينتقل الفيروس إلى العائل، يجب أن يصل إلى داخل خلايا هذا العائل لكى يتكاثر بداخلها. وبعض الفيروسات لا يتكاثر إلا فى خلايا معينة من العائل، وفى هذه الحالة يجب أن تدخل تلك الفيروسات فى هذه الخلايا حتى يمكنها أن تتكاثر. وإصابة الفيروس للنباتات المزهرة دائمًا ما تظهر على أنها إصابة عن طريق الجروح wounds، فعن طريق تلف فى جدار الخلية يدخل الفيروس إلى البروتوبلازم الحى للخلية ويتكاثر فيه.

وربما يمكن نقل الفيروسات النباتية من النباتات المصابة إلى النباتات غير المصابة بعدة طرق، مثل: التطعيم والطرق الميكانيكية والحشرات وغيرها، فالطرق الثلاث السابقة قد نجحت مع بعض الفيروسات، ولكن واحدة أو اثنتين منها نجحت فقط مع البعض الآخر. فمثلاً فيروس Y البطاطس Potato virus Y وموزايك الخيار CMV ربما يمكن نقلها بالطرق الثلاث السابقة. وفيروس X البطاطس (PXV) والتقزم الشجيرى فى الطماطم Tomato bushy stunt يمكن نقلهما بنجاح بواسطة كل من طريقة التطعيم والعدوى الميكانيكية، ولكنه حتى الآن فإن هذه الفيروسات لم يمكن نقلها بالحشرات. كما أن مرض التفاف أوراق البطاطس Potato leaf roll وبعض الفيروسات الأخرى أمكن نقلها بالتطعيم والحشرات ولم يمكن نقلها بالطرق الميكانيكية. وموزيك التفاح Apple mosaic وتقزم الخوخ Peach rossette وغيرها لم ينجح نقلها حتى الآن إلا بطريقة التطعيم.

ومن المعتقد أن الفيروسات التى تمكن نقلها بالتطعيم فقط حتى الآن، لها حشرات ناقلة لم تكتشف بعد، فمثلاً مرض *Abutilon variegation* معروف من أكثر من ٧٠ سنة أنه ينتقل بالتطعيم، ولم تكتشف الحشرات الناقلة له *Bemisia tabaci* إلا حديثًا بواسطة

Orlando & Silberschmidt سنة ١٩٤٦ . وبعض الفيروسات يمكن نقلها بإحداث العدوى لبعض العوائل وليست كل العوائل. وهذا يؤدى إلى سؤال لماذا تفشل بعض حالات العدوى الميكانيكية، وهل هذا الفشل نتيجة لخواص الفيروس، أو بسبب صفة موروثة فى العائل النباتى الذى يوجد به الفيروس.

وعلى العموم يمكن تلخيص الطرق التى تنتقل بها فيروسات النبات فى الآتى:

١ – الانتقال الميكانيكى : Mechanical transmission

٢ – الانتقال عن طريق التكاثر الخضرى والتطعيم : Transmission by vegatative propagation and grafting

٣ – الانتقال بواسطة الحامول : Transmdssion by dodder

٤ – الانتقال عن طريق البذور : Seed transmission

٥ – الانتقال عن طريق التربة : Soil transmission

٦ – الانتقال بواسطة الحشرات : Transmission by insects

٧ – الانتقال بواسطة الحلم والعناكب : Transmission by mites

٨ – الانتقال بواسطة حبوب اللقاح : Pollen transmission of plant viruses

أولاً : الانتقال الميكانيكى : Mechanical transmission

وينتقل بهذه الطرق الميكانيكية عصير النبات الحامل للفيرس إلى خلايا العائل السليم، عن طريق إحداث جروح wounds فى تلك الخلايا. وتعتبرطرق النقل الميكانيكى أكثر إفادة فى التجارب، وذات قيمة متوسطة فى الطبيعة. وتعزى معظم معلوماتنا الأساسية فى أمراض النبات الفيروسية إلى طرق النقل الميكانيكى، وتوضيح ظاهرة العدوى Infectivity كما ذكرها ماير Mayer (١٨٨٦)، والقدرة على المرور خلال الراشحات Filterability كما ذكرها ايفانوفسكى Iwanowski (١٨٩٢)، وفترة الكمون المؤقت Lateney كما ذكرها جونسون Johnson (١٩٢٥)، وتقدير الفيرس بواسطة تقدير العدوى الموضعية Local

lesion assay كما ذكره هولمز Holmes (١٩٢٩) والمناعة المكتسبة Acquired immuni-ty كما ذكرها ونجارد Wingard (١٩٢٨) وقابلية بلورات الفيروس على إحداث العدوى كما وجدها ستانلى Stanley (١٩٣٥)، وظاهرة الطفرات Mutability كما ذكرها جينسين Jensen (١٩٣٦)، وقدرة الحمض النووى Nucleic acid للفيروس على إحداث العدوى كما وجدها جيرر، تشيرام (١٩٥٦) Gierer & Schramm وقدرة إعادة بناء الفيروس re-constitution كما ذكرها فرانكل كونرات، سنجر (١٩٥٩) Fraenkel-Conrat & Sing-er، وكذلك قدرة تكاثر البكتريوفاج Bacteriophage فى النبات كما ذكرها ساندر (١٩٦٤) Sander، وكل هذه المعلومات جميعها تعتمد على طرق النقل الميكانيكى.

طريقة هولمز، أى طريقة تكون النقط الموضعية على عوائل معينة عند اصابتها بالفيروس، علاوة على أنها تساعد على الكشف عن وجود الفيروس وقياس مدى قدرته على الإصابة infectivity ، وقياس كفاءة اللقاح، ومدى إصابة العائل، فقد امتد استخدامها إلى فيروسات أخرى، وإلى عوائل أخرى وقدمت عدة تحسينات، والإصابة الموضعية Local le-sions ربما تكون صورة اصفرار Chlorotic، أو موت الخلايا وربما تنمو هذه البقع (النقط) أو تبقى دون زيادة فى الحجم بعد تكوينها، وقد تتكون أو لا تتكون إصابة جهازية منها، فيما بعد. وربما تتكون نقط موضعية فى مكان الوخز بالناقلات. ويرى البعض أنه يمكن اتخاذها كدليل على معدل انتقال الفيروس بواسطة الناقلات المختلفة.

وربما يمكن ملاحظة النقط الموضعية بالعين المجردة فى وقت قصير مثل ١٨ ساعة فى حالة فيروس موزايك الخيار CMV على أوراق اللوبيا، وفيروس TNV على اللوبيا و TMV على الفاصوليا تحت الظروف المناسبة؛ حيث إن نباتات الفاصوليا واللوبيا تتمكن من إنتاج ورقتين فلقيتين ويمكن إحداث العدوى عليها بعد ١٠ أيام من الزراعة، وهى عوائل ممتازة فى تقدير النقط الموضعية، واستخدام هذين العائلين يمكن اكتشاف وجود كميات قليلة من الفيروس عما لو استخدمت الحشرات أو الميكروسكوب الإلكترونى، أو باستخدام امتصاص الأشعة فوق البنفسجية U.V. absorption، أو أى طريقة معروفة أخرى.

وربما يعطى الفيروس نفسه على العائل نفسه أعراض نقط موضعية تحت ظروف بيئية

معينة وأعراض جهازية فى ظروف أخرى. أو ربما ينتج أعراض نقط موضعية، ثم تتحول إلى إصابة جهازية. وربما تسبب سلالة فيروس معينة أعراض نقط موضعية فى عائل، بينما لا تسبب سلالة أخرى تلك الأعراض. وعلى الرغم من ذلك فالإصابة الفيروسية التى تعطى أعراضًا ذات نقط موضعية لا تتحول عمومًا إلى اصابة جهازية، والإصابة الجهازية لا تبدأ كنقط موضعية عادة.

وتغطى الأوراق والأجزاء النباتية الأخرى والتى يدخل الفيروس خلالها بالكيوتيكل Cuticle، ويوجد أسفل الكيوتيكل جدار خلوى صلب Rigid cell wall وغير معروف إلى أى حد يجب كسر كل من الكيوتيكل وجدار الخلية. ويرى بعض العلماء أن الفيروس يجب أن يدخل مباشرة إلى الفجوة الخلوية Vacuole، على الرغم من معدل النقل المنخفض للفيروس (حوالى ١٠٪)، عندما يدخل كمية كبيرة من جزئيات (جسيمات) الفيروس فى فجوة الخلية مكان الإصابة Site of infection، ولو أن الجروح تعتبر ضرورية للعدوى إلا أنها تلتئم بسرعة، وأن اللقاح inoculum الذى يوضع بعد إحداث الجروح يكون دائمًا أقل عما لو استخدم اللقاح والجرح معًا عند إحداث العدوى. وربما يبقى مكان الإصابة قابلاً للإصابة لفترة من الزمن تحت ظروف معينة.

وتنقسم هذه الطرق إلى طرق نقل صناعية inoculation وطرق نقل طبيعية:

أ - طرق طبيعية:

فمثلاً فيروس موزايك الدخان TMV ينتقل ببساطة من النباتات المصابة إلى النباتات السليمة؛ نتيجة لتلف ناتج عن اجراء بعض العمليات الزراعية المختلفة كالعزيق والشتل ومرور العمال بين النباتات فى المزرعة. وفى أثناء القيام بمثل هذه العمليات يقع العصير من الخلايا المجروحة للنباتات المصابة على أيدى أو ملابس العمال أو الأدوات، التى يستعملونها، والتى إذا ما لامست نباتات أخرى سليمة، سببت لها جروحًا ونقلت لها العدوى.

وينتقل طبيعيًا نتيجة جرح النباتات نتيجة الاحتكاك كثير من الفيروسات، مثل: فيروس موزايك الدخان TMV موزايك الخيار CMV وفيروس X البطاطس PVX وبعض الفيروسات الأخرى.

ب – طرق نقل العدوى صناعيًا:

وفى هذه الطرق تعمل جروح صناعية دقيقة فى خلايا العائل وخاصة الأوراق، حتى يمكن لعصير النبات المصاب والحامل للفيرس الدخول لتلك الخلايا وإحداث العدوى، ويجب أن تكون الجروح دقيقة جداً حتى لا تموت الخلايا المجروحة؛ مما يؤدى إلى عدم حدوث العدوى، وتستخدم عدة مواد لإحداث تلك الجروح مثل الرمل الناعم جداً والفحم ومسحوق الصنفرة Carborandum وكذلك بللورات الـ Celite. وترش هذه المواد المستخدمة لإحداث الجروح، وتسمى abrasives على سطح الورقة، وعادة ما يلى ذلك حقن النبات بواسطة دهن سطح الورقة بلطف بقطعة من القطن أو الشاش مبللة بعصير نبات مصاب أو باستخدام Q-tips وغيرها.

وحيث إن عديداً من الفيروسات النباتية يمكن إحداث العدوى بها صناعيًا بنقل عصير نبات مصاب إلى جروح فى نبات سليم وقابل للإصابة، فالسؤال الذى يمكن أن يكون فى الاعتبار هو: لماذا لم يمكن نقل جميع الفيروسات؟ **وتوجد ثلاثة أسباب قد تفسر ذلك، وهى:**

١ – قد تكون خاصية بعض الفيروسات والتى تمنع النقل الميكانيكى، حيث قد لا يقدر على تحمل التغير الحادث عن طحن وتكسير خلايا عائلها.

٢ – كما أن فشل النقل الميكانيكى ربما يكون نتيجة لوجود تركيز منخفض (واطئ) من الفيروس أى أدنى من أقل تركيز لازم لإحداث الإصابة؛ حيث من المعروف أن بعض الفيروسات والتى لها أكثر من عائل نباتى، يكون تركيز الفيروس عاليًا فى بعض النباتات عن غيرها. فمثلاً فيروس Dandelion yellows mosaic virus لا يمكن نقله من نبات Dandelion مصاب إلى نبات الداندليون Dandelion سليم، ولكن يمكن نقله من الداندليسون إلى الخس ثم من الخس إلى الداندليسون، ويمكن نقله من الخس المصاب إلى السليم.

وقد وجد Kassanis عام ١٩٤٧ أن الخس يحتوى على تركيز عالٍ من هذا الفيروس عما يحتويه الداندليون.

٣ – خاصية العائل النباتى نفسه، والتى ربما تمنع الإصابة، ويمكن للعائل النباتى أن يؤثر على إحداث العدوى، حيث إن عصيره ربما يحتوى على مواد، إما أن تمنع الإصابة Inhibit infection أو تثبط الفيروس Inactivate the virus فمثلاً فيروس موزيك الخيار CMV يمكن أن يصيب عديد من النبات يحتوى على مواد، يبدو أن لها تأثيراً على الفيروس وإحداث الإصابة، وقد ذكر سيل وزملاؤه Sill et al عام ١٩٥٢ أن العصير الخلوى لأوراق وسيقان نبات الخيار يحتوى على مواد يبدو أنها مثبطة لفيرس موزايك الخيار، ويبدو أن هذه المواد المثبطة إما غائبة تماماً أو موجودة بتركيزات منخفضة جداً فى عصير تويج أزهار الخيار Flower corolla. وقد وجد أن حقن أوراق اللوبيا بالعصير المأخوذ من بتلات أزهار الخيار المصابة يعطى عدداً من النقط الموضعية Iocal lesions زيادة كبيرة عن نظيرتها المتكونة عند أخذ العصيرمن أجزاء نبات الخيار المصابة الأخرى. والفيروسات التى تصيب نباتات الفصيلة الوردية Rosaceous plants عادة لايمكن نقلها ميكانيكيًا، أو تنقل بصعوبة بالغة، وذلك عند استخدام الحقن بالعصير إلى نبات الورد السليم. وعلى الرغم من ذلك فإن استخدام الحقن بالعصير Sap inoculation كان ناجحًا فى حالات الأنواع النباتية الأخرى. فمثلاً فيروس التبقع الحلقى فى الكريز Sour cherry ringspot virus، يمكن نقله إلى بادرات الخيار. ولم يعرف السبب فى صعوبة نقل الفيروس من نباتات الفصيلة الوردية بطريقة الحقن للعصير.

وفى حالة الشليك.. فإن الأوراق تحتوى على كمية كافية من التانين tannin تكفى لتثبيط فيروس موزيك الدخان TMV، وتدل على أن فشل النقل بالحقن بالعصير يعزى إلى خاصية العائل، وليس إلى الفيرس.

وفى حالة موزايك البطاطا Sweet potato mosaic فإن الحقن بالعصير يكون ناجحًا فقط، عندما تستخدم عصير من جذور ثمرية Fleshy root وليست من أوراق أو سيقان النبات المصاب. ويبدو أن العصير المأخوذ من صحن ودهك أوراق أو سيقان البطاطا يحتوى على مادة تثبط فيروس موزايك البطاطا.

ولم يعرف تماماً الاحتياطات اللازمة لحدوث الإصابة الفيروسية بطريقة الحقن بالعصير

Sap inoculation فيلزم إحداث جروح للخلايا فى منطقة الحقن بالعصير، ويلاحظ – كما سبق القول – أن تلك الجروح لاتسبب موت الخلايا؛ حيث إن موت الخلايا يمنع إحداث الإصابة لأن الفيروس طفيل اجبارى obligate parasite، ولا يمكنه التكاثر بالبقاء إلا فى الخلايا الحية.

وهناك عوامل كثيرة تؤثر على نسبة نجاح العدوى الصناعية، منها:

١ – وجد أن تعريض النباتات للظلام لمدة ٢٤–٤٨ ساعة، قبل التلقيح يزيد من نسبة العدوى.

٢ – رش الأوراق قبل التلقيح مباشرة يقلل من نسبة العدوى.

٣ – غسيل الأوراق بالماء بعد التلقيح مباشرة وجعل الأوراق رطبة مدة طويلة يزيد نسبة العدوى.

٤ – وجد أن بعض الفيروسات تزداد نسبة العدوى بها فى حالة وضع النباتات قبل التلقيح على درجة حرارة مرتفعة نسبيًا.

٥ – المواد المثبطة Inhibitor بالعصير المستخلص من بعض النباتات تكون حاملة لمواد مثبطة للفيروسات، ومقاومتها بمواد معينة تساعد على زيادة النقل الميكانيكى.

٦ – المواد الخادشة: Abrasives – أثبتت التجارب أن استعمال مواد خادشة مثل الرمل الناعم والفحم، celite والكاربورندم (٤٠٠–٦٠٠) mesh فى عملية التلقيح الميكانيكى قد زاد من كفاءة العملية زيادة كبيرة، قد تصل إلى حوالى ١٥٠ ضعفًا.

٧ – إضافة محلول منظم فوسفاتى لعصير النبات، أو إضافة المحلول المنظم بعد التلقيح مباشرة يزيد نسبة العدوى لبعض الفيرسات.

٨ – تختلف نسبة تركيز الفيروس فى الأجزاء المختلفة التى بها تركيز عالٍ من الفيرس.

٩ – وعمر الفيروس فى العائل الذى يستخدم كمصدر للعدوى، له دخل كبير فى نسبة تركيز الفيرس، حيث نجد أن تركيز الفيرس يزداد فى العائل المصاب لعدة أيام أو أسابيع، ثم ينخفض.

١٠ – قابلية العائل للإصابة.

١١ – قابلية الخلايا للإصابة. وقد وجدت أدلة بأن الخلايا تختلف فى قابليتها للإصابة بالفيرسات، وأن الظروف الملائمة للإصابة لفيروس ما ليس من الضرورى أن تلائم غيره. وقد ذكر بودن أن نبات الدخان البرى *N. glutionsa* عندما يكون له ٨–١٠ أوراق، وإذا لقحت نصف الأوراق المتقابلة بالتتابع بفيروس موزايك الدخان TMV وفيروس التقزم الشجيرى فى الطماطم Tomato bushy stunt virus، فإن فيروس TMV سينتج نقطًا محلية (موضعية) Local lesions على كل الأوراق، ولو أن معظمها سينتج على الأوراق الوسطى والسفلى. وبالعكس من ذلك فإن فيروس TBSV سوف لا يكون نقطًا محلية على الأوراق السفلى، وعددًا قليلاً على الأوراق الوسطى، ويكون معظمها على الأوراق العليا. وحيث إن الضرر Injuries الناتج من التلقيح متشابه فى كل منهما، فيبدو أن الجروح نفسها ليست من الضرورى أن تؤكد الإصابة، ولكن الخلايا التى حدث بها الضرر يلزم أن تكون فى حالة استقبال recep-tive state، وأن هذه الحالة تختلف مع الفيروسات المختلفة.

١٢ – عمر النبات: حيث إن قابلية النبات للإصابة تتأثر بعمره. فمثلاً نبات الفاصوليا وعمرها حوالى ١٠ أيام تحدث بها العدوى عند تلقيحها من Tobacco necrosis أى نيكروزيس الدخان وبعض الفيروسات الأخرى، ولكن بعد ٣–٤ أيام بعد ذلك لا تحدث أية عدوى إطلاقًا.

ثانيًا: الانتقال عن طريق التكاثر الخضرى والتطعيم:

Transmission by Vegetative propagation and grafting

التكاثر الخضرى هو إكثار النباتات باستعمال أجزاء النبات ما عدا البذور، ولذا فإن التكاثر الخضرى يشمل: التركيب Grafting، والتطعيم Buddings والعقل Cutting والترقيد Layering والمدادات Ranners والدرنات Tubers والكورمات Cormes والأبصال والريزومات Rhisomes والفسائل offshoots والسرطانات suckers.

إن النباتات التى تكون فيها الفيروسات مهمة اقتصاديًا، هى التى تتمكن الفيروسات من إحداث إصابة جهازية بها Systemically وذلك كنتيجة لإصابة نقطة واحدة فقط، هى مكان إحداث العدوى، ثم تنتشر بعد ذلك إلى معظم أو كل الأجزاء الخضرية فى النبات. وحيث إن النباتات ليس لها القدرة على تكوين مواد مضادة Antibody-forming mecha-nism عند إصابتها بالفيروسات، كالذى يوجد فى الحيوانات، ولذلك فالنباتات التى تصاب جهازيًا بالفيروسات عادة تعطى مصدرًا مستمرًا للفيرس، طالما مازال الجزء الخضرى النباتى حيًا.

ويجب أن نتذكر أنه ليست كل النباتات متساوية فى قدرتها فى إيجاد ظروف ملائمة لبقاء الفيروسات، فالعائل النباتى الذى يصاب بفيروس ما، ويعطى إصابة محلية فقط local-ly، أو تموت الخلايا المصابة بسرعة بعد العدوى، فإنها تعطى للفيروس فترة قصيرة لتكاثره. بالمقارنة مع النباتات التى تصاب جهازيًا Systemically وتتكاثر خضريا، فإنها تشكل مصدرًا دائمًا للفيروس سنة بعد أخرى لتكاثره داخل هذا العائل نفسه، وحتى دون أية تعرض لنقل الفيروس من عائل آخر. وعادة مثل هذه النباتات المعمرة أو التى تتكاثر خضريًا تكون – فى الواقع – المصدر الرئيسى للفيروسات إلى النباتات الحولية. ويجب أن نبين مدى أهمية النباتات المعمرة، والتى تتكاثر خضريًا ليس فقط فى حفظ وتكاثر الفيروسات Per-petuating viruses، ولكن أيضًا فى مساعدتها على الانتشار، فأى طريقة تستخدم فيها: درنات –أبصال– كورمات – مدادات – سرطانات – أو عقل جذرية... الخ، فإن احتمال إنتاج خلفة منها حاملة للفيروس يكون عاليًا جدًا، إذا كان النبات الأب يحتوى على فيروس.

ومن الفيروسات التى تنتقل عند تكاثر النباتات المصابة خضريًامثل فيروسات البطاطس مثل فيروس x البطاطس، وفيروس مرض تجعدأوراق البطاطس. وتختزن الفيروسات التى تصيب نباتات العائلة الزنبقية فى الأبصال كفيروس موزايك البصل، كما يعيش الفيروس أيضًا فى الثمار الجذرية مثل فيرس موزايك واصفرار البنجر، ويشذ عن ذلك مرض اصفرار الأستر الذى يصيب البطاطس، ولكنه لاينتقل عن طريق الدرنات.

وانتقال الفيروس أيضًا بتطعيم النباتات السليمة بأجزاء من نباتات تحمل الفيروس،

وتعتبر طريقة التطعيم الطريقة الوحيدة فى نقل الفيروسات، التى ثبت نجاحها عمليًا مع جميع الفيروسات. وفى عملية التطعيم grafting يلزم وجود توافق compatability بين الأصل والطعم. وعندما يحدث اتحاد والتحام بين الأصل والطعم، فإن نجاح انتقال الفيروسات يتوقف على قدرة الفيروس على الحركة خلال الأنسجة الخضرية.

وعادة يعطى الانتقال بالتطعيم نتائج مختلفة عن طرق النقل الميكانيكية، أو بواسطة الحشرات ويمكن تفسير ذلك **بسببين، والسبب الأول** والأكثر قبولاً، هو أن النباتات التى ينقل المرض منها بالتطعيم تكون مصابة بأكثر من فيروس واحد، وكلها تنقل بطريقة التطعيم، بينما قد لا تنقل كلها بالطريقة الأخرى. **والسبب الثانى** أن النقل بالتطعيم غالبًا ما يؤدى إلى إصابة جهازية systemic فى العائل، الذى يعطى فقط عرضًا كنقط (محلية) Local lesions عندما يلقح بالطرق الميكانيكية. فعندما يطعم نبات الدخان البرى *N.glutionsa* مع طعم مأخوذ من نبات الدخان العادى أو الطماطم المصابة بفيروس موزايك الدخان، يحدث لنبات الدخان البرى الموت، مع ظهور مرض جهازى مسببًا موت القمة وتحللها، بينما فى حالة العدوى بالطرق الميكانيكية يحدث فقط تكوين أعراض النقط الميتة، بالقرب من مكان إحداث العدوى بالعصير المحتوى على الفيروس. ويحدث مثل هذا التأثير فقط عندما يطعم عائل حساس hypersensitive host مع عائل آخر يتحمل tolerant للفيروس.

ولو أن انتقال الفيروسات باستخدام طريقة التطعيم من الطرق التى تأخذ وقتًا ومجهودًا كبيراً، إلا أنها من الطرق التى تستخدم خاصة مع الفيروسات، التى لا يعرف طريقة أخرى لنقلها.

ثالثًا: الانتقال بواسطة الحامول: Transmission by dodder

يمكن للفيروسات أن تنتقل من نبات مصاب إلى سليم بالمرور، خلال أنسجة النباتات المتطفلة التى توصلها ببعضها. وقد استخدم فى ذلك الحامول. *Cuscuta spp* لنقل كثير من الأمراض وخصوصًا للأمراض، التى لم تعرف بعد طرق انتقالها، ولا يمكن استخدام طرق التطعيم لعدم توافق نوع النبات المصاب ونوع النبات السليم، الذى يراد نقل الفيروس إليه.

واستخدام الحامول كطريقة تطعيم غير مباشرة مفيد فى كثير من الأبحاث الفيروسية.

ولقد استعمل الحامول Dodder لهذا الغرض وتتلخص الطريقة فى تغذية النبات المتطفل أولاً على نباتات مصابة، ثم السماح بعد ذلك لأفرع الحامول بأن تلتصق بالنباتات السليمة. ولقد وجد Bennett عام ١٩٤١ أن حامول *Cuscuta california* ينقل فيروس موزايك الخيار CMV، وأن حامول *C.subinclusa* ينقل فيرس تجعد قمة بنجر السكر SBCTV. وأنه لمن المعروف أيضًا أن الحامول *C.campestris* ينقل مختلف فيروسات الحسليات stone fruit viruses، حيث إن هذا الحامول مثلاً له القدرة على التطفل على أكثر من ١٠٠ نوع نباتى مختلف.

هناك حالات تفضل فيها الحشرات الناقلة للفيروس التغذية على الحامول، بدلاً من النبات العائل. ومن الأمثلة الدالة على ذلك تغذية حشرات النطاطات *Circulifer tenellus* الناقلة لفيروس تجعد قمة بنجر السكر Sugar-beet curly top virus على الحامول المتطفل على نبات الدخان البرى *N.glutinosa* المصاب بمرض تجعد القمة، كما ذكر العالم Giddi-ngs (١٩٤٧) أن الحامول يستعمل أيضًا فى فصل الفيروسات المختلفة فى نبات واحد عن بعضها البعض، كما هو الحال فى مرض White clover mosaic، الذى يتسبب عن فيروسين: أحدهما Pea mottle virus الذى يمكن نقله بواسطة الحامول *Cuscuta cam-pestris*، والآخر Pea wilt virus الذى لا ينقل بواسطة الحامول كما ذكر العالم Johnson (١٩٤٢).

وقد ذكرت قائمة تضم أكثر من ٥٠٠ نوع نباتى، تنتمى إلى ٧٨ عائلة نباتية كعوائل لأكثر من عشرة عوائل من الحامول، وبعض الفيروسات المعروف بأنها تنتقل بواسطة نوع واحد أو أكثر من انواع الحامول، هى:

١ – التقزم الأصفر فى الشعير Barley yellow dwarf.

٢ – تجعد القمة فى البنجر Beet curly top.

٣ – اصفرار البنجر Beet yellows.

٤ – تشقق قلف الموالح (فيرويد) Citrus excortis virorid.

٥ – قوباء الموالح Citrus psorosis .

٦ – التدهور السريع فى الموالح Citrus tristeza .

٧ – موزايك الخيار Cucumber mosaic .

٨ – موزايك الحامول الكامن Dodder Latent mosaic .

٩ – تبرقش البسلة Pea mottle .

١٠ – تورد الخوخ Peach rosette .

١١ – الذبول المبقع فى الطماطم Tomato spotted wilt .

١٢ – موزايك الدخان Tobacco mosaic .

١٣ – خشخشة الدخان Tobacco rattle .

وكذلك الميكوبلازما ، مثل :

١٤ – مكنسة الساحرة فى البرسيم الحجازى Alfalfa Witches, broom .

١٥ – اصفرار الأستر Aster yellows .

والفيروسات الثلاثة التالية وجد أنها تتكاثر داخل نباتات الحامول التى تقوم بنقلها :

١ – اصفرار الباى بيرى Bay berry yellows .

٢ – أزهار الكرانبيرى الكاذبة Cranberry false blossom .

٣ – موزايك الخيار Cucumber mosaic .

٤ – موزايك الحامول الكامن Dodder Latent mosaic .

هذا وقد ذكر العالمان Kunkel (١٩٤٥) ;Raychauahur (١٩٥٣) أن الفيروس الأول والثانى لم يمكن نقلهما بالعصير، ولكن يمكن نقلهما عن طريق الحامول إلى عديد من العوائل النباتية .

وللحامول كفاءة عالية فى نقل الفيروسات التى تصيب نبات الحامول نفسه. ولكنه أيضًا يمكنهم من نقل فيروسات أخرى مثال فيروس موزايك الدخان TMV، الذى لا يتكاثر فى داخل نبات الحامول، ويعتقد أن الحامول يعمل كقنطرة توصيل Conducting channel.

ولا يوجد شك فى أن استخدام الحامول كطريقة لكشف عوائل جديدة للفيروسات التى كان يعتقد أن المدى العائلى لها محدود، وسوف يسهل دراسة مثل هذه الفيروسات وكذلك يسهل عمل مقارنة بينها، والفيروسات الأخرى، الشىء الذى كان يعتبر مستحيلاً. ولو أنه يجب الحرص فى ذلك حيث قد توجد بعض الأخطار فى استخدام مثل هذه الطريقة فى التجارب، فحين نمد أو نجد عائلاً جديداً لبعض الفيروسات، فربما نمد أيضًا الفيروس بطريقة جديدة لانتشار، وربما يكون العائل الجديد عائلاً للحشرة التى قد تعمل كناقلة للفيروس.

رابعًا: الانتقال عن طريق البذور: Seed Transmission

أولاً: البذور وأهميتها (Seed borne Viruses):

تعرف البذرة فى النباتات البذرية بأنها البويضة المخصبة الناضجة بعد نمو الزيجوت بها، وتكشفه إلى الجنين الذى يمثل الطور الجرثومى الصغير للنبات، محاطًا بأغلفته فى حالة تلون غالبًا. وتعتبر البذرة أداة حفظ النوع فى النباتات البذرية السائد، كذلك عامل مهم فى المحافظة على استمرار تطور الأنواع النباتية، بما تشمله من أنواع العمليات الجنسية والوراثية، التى تدخل فى إنتاجها. ويعتبر استخدام التقاوى الخالية من الأمراض المختلفة ضرورياً جداً لتحسين إنتاج المحاصيل الزراعية المختلفة سواء بستانية أو حقلية، وذلك مهما توفرت عوامل الإنتاج الأخرى من مواعيد زراعة وري وتسميد وغيرها.. فلن يعوض الضرر الناتج عن استخدام تقاوى مصابة بالأمراض والنتيجة هى خفض المحصول الناتج كمًا ونوعًا.

ثانيًا: الأهمية الاقتصادية لانتقال الفيروسات عن طريق البذور:

أعطى انتقال الفيروسات عن طريق البذور أهمية اقتصادية قليلة لعدة سنوات مضت، وذلك لعدم الأهمية الاقتصادية للمحاصيل التى تنتقل الفيروسات عن طريقها، ولكن الآن عرف حوالى ٨٥ فيروسًا و ١٢٠ عائلاً، أكثرها نباتات اقتصادية تشترك فى الانتقال بالبذرة،

وكذلك اتضحت **أهمية الانتقال بالبذرة نتيجة :**

١ – بعض الفيروسات التى تنتقل بالبذرة، تعتمد كليًا أو جزئيًا على الانتقال لمسافات طويلة وكثير من هذه الفيروسات قادر على إلحاق ضرر شديد للمحاصيل النباتية التى تصيبها، بالإضافة إلى قدرة بعض هذه الفيروسات فى الاحتفاظ بحيويتها مدة طويلة بالبذرة، وبالتالى نجد أن **البذرة تلعب دوراً مهمًا فى انتشار وحفظ الفيروس. ومثال ذلك :**

أ – أهمية الانتقال عن طريق البذور فى حمل فيروس موزايك الفاصوليا العادى Common bean mosaic Virus (CBMV) أثناء انتقال كميات البذور التجارية، حيث يعتبر انتقال هذا الفيروس فى البذور عاملاً مهمّاً فى إنتاج الفاصوليا فى الأماكن، التى تنمو فيها أصناف الفاصوليا الحساسة للمرض الفيروسى، ومن المحتمل أن الانتقال عن طريق البذور هو العامل الرئيسى فى التوزيع الجغرافى الواسع لفيروس موزايك الفاصوليا العادى.

ب – انتقال فيروس التخطيط الموزايكى فى الشعير Barley stripe mosaic خلال بذور الشعير والقمح مسئول عن الخسارة الكبيرة فى هذين المحصولين فى عدد من مناطق إنتاج الحبوب فى العالم.

٢ – انتقال الفيروس عن طريق البذور يؤدى لإصابة النبات فى أطوار نموها الأولى مما يجعلها كمصادر عدوى مبكرة فى الحقل، والأهمية القاطعة للنقل عن طريق البذرة أنه حتى فى حالة الانتقال بنسبة منخفضة التى قد تصل إلى ٠,٥٪ أو أقل، وفى حالة زراعتها فى وجود حشرات نشيطة فى موسم النمو، يمكن أن تحدث خسائر كاملة للمحصول، **مثال ذلك :**

أ – كان Doolitle & Gilbert (١٩١٩) أول من بينا الأهمية الاقتصادية لانتقال الفيروسات عن طريق البذور، عندما وجدا أن نسبة من بذور الخيار البرى *Echinocistis lobata* المصابة بفيروس موزايك الخيار تحمل الفيروس وتنشأ مركز لإصابة حقول الخيار المنزرعة تجاريًا، عن طريق البذور الحاملة للفيروس عن طريق الناقلات الطبيعية.

ب- مثال نباتات الخس المصابة بفيروس موزايك الخس Lettuce mosaic virus (LMV) تصل نسبة الانتقال لأكثر من ٥٪ خلال بذور الخس، ولكن الانتقال عن طريق البذور يعتبر العامل الرئيسى فى نشر الفيروس فى إنجلترا؛ حيث يعتبر النقل عن طريق بذور الخس عاملاً من العوامل المحددة لإنتاج الخس، فإذا ارتفعت نسبة البذور المصابة عن ٠,١٪ فإن مقاومة المرض فى الحقل تكون غير مرضية؛ لذلك فإن استعمال تقاوى خالية تمامًا من الإصابة الفيروسية طريقة أساسية لمقاومة الفيروس فى ولايتى كاليفورنيا وأريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية، مثل: الصنف Cheshunt Early Giant الذى لا ينتقل الفيروس خلال بذوره.

٣ - ومع أن انتقال الفيروس عن طريق بذور بعض النباتات ليس ذا أهمية اقتصادية كبيرة بالنسبة للنبات الناقل نفسه، إلا أن النقل عن طريق هذا الصنف من النبات قد يكون بالغ الأهمية بالنسبة للمحاصيل الأخرى، التى يصيبها الفيروس، ويزداد انتشاره عن طريق هذه البذور المصابة.

مثال: فيروس موزايك قصب السكر Sugar Cane mosaic virus (SCMV) ينتشر بسرعة أكثر بين حقول الذرة والأنواع الأخرى الحساسة عن طريق المن، ومن المحتمل أن النسبة الصغيرة من الانتقال عن طريق بذور الذرة تمكن الفيروس من الانتشار فى مناطق بعيدة عن مناطق انتشاره.

٤ - انتقال الفيروس عن طريق البذور أضاف صعوبة إنتاج أصول من الشتلات خالية من الفيروس فى الفواكه الحجرية، كما فى حالة فيروس النيكروز الحلقى فى الكريز Cherry necrotic ring spot virus الذى ينتقل عن طريق البذور؛ مما يسبب انتشاره الكبير فى أصناف عديدة خاصة الأصناف، التى يصعب فيها مشاهدة أعراض واضحة. ولمقاومة المرض، لابد من عمل اختبارات مستمرة للشتلات التى يفضل زراعتها قبل استعمالها. كذلك بالنسبة للموالح.. فإنه من المعروف عدم مقدرة أغلب الفيروسات التى تصيب الموالح على النقل عن طريق البذور، وهذا له أهميته الكبيرة فى إنتاج مزارع خالية من الأمراض.

٥ - من ناحية أخرى أشار العالم Cadman سنة ١٩٦٣ إلى أهمية نقل الفيروسات عن طريق

البذور فى الدور، الذى تلعبه فى نقل الفيروسات التى تنتقل بالنيماتودا. ولقد أثبت Lister and Murant سنة ١٩٦٧ أن النيماتودا يمكنها أن تحمل فيروس الحلقة السوداء فى الطماطم Tomato blackring virus، وتصبح معدية عن طريق تغذيتها على البادرات المصابة بالفيروس عن طريق البذرة. ولقد أثبت الباحثان أن النيماتودا يمكنها أن تحمل الفيروس حوالى ٩ أسابيع، ولكن عندما تنمو بذور الحشائش الحاملة للمرض، فإن النيماتودا تستعيد قدرتها على حمل الفيروس وإصابة النبات عن طريق التغذية على هذه الحشائش – كما أثبت الباحثان أن فيروس الحلقة السوداء فى الطماطم (TBRV) يرجع انتشاره إلى النقل عن طريق البذرة، أكثر منه عن طريق النيماتودا الناقلة للفيروس؛ وذلك لأن النقل عن طريق النيماتودا يحدث فى مناطق محدودة وانتشاره منها يكون بطيئًا بعكس البذور، التى يمكن أن تنقل الفيروس لمسافات كبيرة جدًا، كما وجد الفيروس منتشرًا فى الأماكن، التى لا توجد فيها النيماتودا الناقلة للفيروس.

وكذلك ينتقل فيروس Tobacco ratlle virus عن طريق بذور *Stellaria media*، وعن طريق النيماتودا *T. primitivus &Trichodorus pachydermus*.

وعن طريق هذه العلاقة يزداد تأثير الانتقال بالبذرة وبالنيماتودا، حيث **أظهرت الفيروسات التى تنتقل عن طريق النيماتودا قدرة عالية على الانتقال خلال البذور، وذلك للأسباب الآتية:**

أ – وجود مدى عوائلى واسع من الأنواع النباتية التى تنتقل الفيروسات عن طريق بذورها، فقد وجد أن Tobacco ringspot virus ينتقل خلال بذور عديد من العوائل، مثل: فول الصويا والدخان والبتونيا، وكذلك عن طريق النيماتودا *Xiphinema americanum*.

ب – لارتفاع نسبة البذور المصابة المأخوذة من نباتات حاملة للفيروس.

٦ – من الأهمية الاقتصادية لانتقال الفيروس عن طريق البذور أن القائمين بالحجر الزراعى فى أغلب الأحوال لا يستطيعون بسهولة تحديد هذه الفيروسات فى البذور، الأمر الذى يساعد على دخول هذه الفيروسات إلى البلاد الخالية منها.

ثالثًا: تقسيم وحصر الفيروسات المحمولة فى البذرة:

لقد حاول العالم Hansen عام ١٩٧٠ تقسيم الفيروسات المحمولة بالبذرة إلى مجموعات رئيسية، وكان ذلك بناء على شكل وحجم جزيئات الفيروس، فشملت:

١ – جزيئات كروية أو متعددة الجوانب (وهى فيروسات غير معروف أنها تنتقل عن طريق البذرة).

٢ – جزيئات عصوية الشكل.

٣ – جزيئات متعددة الأشكال غالبًا مستديرة.

٤ – جزيئات صغيرة جدًا من نوع الفيرويد.

٥ – جزيئات غير معروفة.

رابعًا: إصابة البادرات عن طريق الفيروس المحمول خارج الجنين:

١ – الفيروس المحمول على سطح البذور:

من الواضح أن البذور الناتجة من النباتات المصابة جهازيًا سوف تحمل الفيروس كتلوث على سطح البذرة؛ خاصة فى حالة البذور المستخرجة من الثمار اللحمية أو الليفية مثل الطماطم – القاوون – البطيخ – الخيار، ومع ذلك لكى تنقل للجيل التالى، يكون من الضرورى للفيروس أن يبقى نشطًا أو فعالاً على سطح البذور؛ حتى تنبت ثم يتم الحصول على الفيروس من البذور المستخرجة من ثمار الطماطم المصابة باستعمال حمض الأيدروكلوريك.

٢ – الفيروس المحمول فى أجزاء البذرة خارج الجنين:

من المحتمل أن عددًا كبيرًا من الفيروسات يوجد فى البذور فى بعض مراحل تكوينها، وحتى مع ذلك لا تنتقل بالبذرة – ففى مراحل تكوين البذور، تتحرك الكربوهيدرات إلى البذور كغذاء مخزن، وحيث يوجد دليل على أن حركة الفيروس فى اللحاء مرتبطة بانتقال الكربوهيدرات؛ فالفيروسات التى توجد بتركيز عالٍ فى اللحاء، من المتوقع أن تنتقل بكمية كبيرة إلى البذور، التى تملك أوعية متصلة بالنبات الأم، حيث تكون الحركة فى حالات

معينة أكثر تأثيراً فى إدخال أنواع معينة من الفيروسات إلى نسيج البذرة عن طريق الحركة خلال طرق الغزو العادية فى الأنواع المختلفة من الأنسجة البرانشيمية.

يوجد فيروس تجعد القمة فى بنجر السكر Sugarbeet Curly top virus بتركيز عالٍ نسبيًا فى بيريسيرم بذور نباتات البنجر المصابة، ولكن الأجنة المعزولة من البذور بعد بدء إنباتها لا تحتوى على الفيروس، بينما يحتوى باقى البذرة على الفيروس بكمية كبيرة.

كذلك وجد Sheffeld (١٩٤١) من دراسة المحتويات الداخلية لفيروس Tobacco etch virus أنه يصيب الغلاف، ولا يصيب الإندوسبرم أو الجنين فى بذور *Hyocyamus niger*.

وجد Crowley (١٩٥٧) أن فيروس موزايك الخيار (**CMV**) يوجد فى قصرة بذور الخيار، وفى قصرة وإندوسبرم بذور الخيار البرى، وفيروس موزايك الفاصوليا الأصفر Bean yellow mosaic virus يوجد فى قصرة بذور الفاصوليا وفيروس الذبول المبقع فى الطماطم Tomato spotted wilt virus فى غلاف بذرة الطماطم، وفيروس موزايك الفاصوليا العادى فى القصرة والجنين لبذور الفاصوليا، ومع ذلك يتم انتقال الفيروس عن طريق بذور الفاصوليا عن طريق الفيروس المحمول فى الجنين.

كذلك وجد Gold وآخرون عام (١٩٥٤) وجود جزيئات فيروسية فى إندوسبرم بذور الشعير المصابة بفيروس التخطيط الموزايكى فى الشعير، بتركيز عال، كما فى أنسجة الورقة، وهذا الفيروس يغزو الجنين وينتقل عن طريق البذور.

كذلك وجد Crowley سنة ١٩٥٧ فيروس موزايك الدخان فى غلاف بذور الفلفل الحريف. ووجد Taylor وآخرون سنة ١٩٦١، Broadbent سنة ١٩٦٥ أن فيروس موزايك الدخان يوجد بنسبة صغيرة فى إندوسبرم بذور الطماطم المصلبة.

ووجد Wilks and Gilmer عام ١٩٦٧ أن فيروس TMV ينتقل بنسبة عالية فى بذور التفاح والكمثرى و *Malus platycarpa*؛ حيث وجد الفيروس فى الشق البطنى من القصرة، ولم يحصل على الفيروس من الفلقات أو أجنة البذور الساكنة، ولكن أمكن الحصول على الفيروس من جنين وقصرة صنفين من أصناف التفاح.

وجدت نسبة عالية من بادرات الطماطم والفلفل المصابة بفيروس موزايك الدخان عند

شتل البادرات، ولقد استنتج Taylor وآخرون ١٩٦١ أن الشتلات النامية من بادرات ملوثة حيث يكون التلوث عادة على الجذور؛ حيث إنه عندسقوط غلاف البذرة فى التربة أثناء الإنبات يحدث تلوث للجذور والفلقتين بالفيروس، ولا تحدث الإصابة إلا إذا شتلت البادرات، حيث إنه أثناء عملية الشتل يتقاطع جزء من الجذور؛ مما يساعد الفيروس على الدخول لداخل النبات وإحداث الإصابة.

خامسًا: انتقال الفيروسات التى تحمل فى الجنين:

يزداد عدد الفيروسات التى عرف أنها تصيب الجنين وتنتقل بذلك فى البذور، وعدد الأنواع النباتية التى تشترك فى انتقال الفيروسات عن طريق البذور فى السنين الحالية، فقد وجد Fulton عام ١٩٦٤ أن ٣٦ فيروسًا ينتقل خلال ٦٣ نوعًا نباتيًا، وهذا العدد يزداد باستمرار فى الأبحاث الحديثة.

وفى الجدول (٨ – ١) نأخذ فكرة عن بعض الفيروسات والأنواع النباتية، التى تنتقل خلال بذورها متضمنًا النسبة المئوية للانتقال.

طرق إصابة الجنين:

يعتمد انتقال الفيروسات عن طريق البذور مع بعض الاحتمالات الشاذة على إصابة الجنين فى بعض مراحل تكوينه أو نموه – **وتحدث إصابة الجنين بإحدى الطرق التالية:**

١ – خلال إدخال الفيروس إلى الكيس الجنينى بواسطة الجاميطة المذكرة.

٢ – خلال غزو البويضة بواسطة الفيروس من النبات الأم.

٣ – خلال الغزو المباشر للجنين فى بعض مراحل نموه.

١ – إصابة الجنين عن طريق الطلع (حبوب اللقاح):

اقترح Reddick and Stewart (١٩١٨) أن فيروس موزايك الفاصوليا العادى يحمل فى حبوب اللقاح، ويمر من انبوبة الإنبات إلى القلم أثناء التلقيح، وتنتج الإصابة، كذلك وجد أنه عندما تلقح الأزهار السليمة بلقاح نباتات مصابة، يحدث انتقال للفيروس عن

طريق البذور؛ مما يدل على أن حبوب اللقاح تحمل الفيروس وتنقله إلى الجنين.

كذلك وجد Nelson and Down (١٩٣٣) فى دراسة انتقال فيروس موزايك الفاصوليا العادى BCMV، خلال البذور فى صنفين من الفاصوليا – عندما يكون نبات واحد مصاباً تكون نسبة الانتقال خلال البذور فى الجيل الأول حوالى ٢٥٪، وهذا يشير إلى أن التأثير متساوٍ فى الانتقال خلال حبوب اللقاح والمبيض فى الأصناف المختبرة، ومع ذلك بين Medi-na and Grogan عام (١٩٦١)أنه على الرغم من أن نسبة عالية من الانتقال عن طريق البذور وجدت خلال كل من حبوب اللقاح والمبيض، فإن كمية الانتقال خلال الآباء تعتمد كثيراً على صنف النبات المستعمل، ووجد Gold وآخرون جزيئات عصوية الشكل، ترتبط بالإصابة بفيروس التخطيط الموزايكى فى الشعير فى نباتات الشعير فى حبوب اللقاح والمتاع – حوالى ١٠٪ من البادرات الناتجة من بذور النباتات السليمة التى لقحت من نباتات مصابة أظهرت أعراض المرض. بينما كانت نسبة انتقال الفيروس خلال بذور النباتات المصابة أعلى من ذلك غالباً ٥٠٪ أو أكثر، لذلك كان انتقال هذا الفيروس خلال حبوب اللقاح أقل فاعلية من خلال البويضة، ومع ذلك يجب أن يؤخذ فى الاعتبار الصنف والظروف المختلفة.

فى حالة الفيروس Elm mosaic virus وجد أن نسبة الانتقال عن طريق البذرة تكون أكثر عند إصابة نبات الأم، عنها عند إصابة نبات الأب، فعندما يكون الأب مصاباً تكون نسبة الانتقال ٣٠,٥ ٪، وعند إصابة الأبوين تكون حوالى ٤٨٪.

كذلك فى حالة فيروس Lychnis ringspot virus تكون نسبة الانتقال بالبذرة عند إصابة الأب فقط ١٨,٦ ٪، وعند إصابة الأم تكون ٣٠,٧ ٪، وعند إصابة الأبوين تكون النسبة ٣٣,٦ ٪.

فى الفواكه ذات النواة الحجرية، يحدث انتقال للفيروسات عن طريق حبوب اللقاح، فقد وجد Gilmer & Way (١٩٥٨) انتقال فيروس النيكروزيس الحلقى فى الكريز عن طريق النبات المذكر المصاب إلى النبات المؤنث السليم.

توجد معلومات محدودة على أن الفيروسات التى لا تنتقل عن طريق البذور تغزو أيضًا

حبوب اللقاح، وقد يكون ذلك نتيجة أن حبوب لقاح كثير من النباتات تكون مقاومة بدرجة عالية أو منيعة لغزو الفيروس، حتى فى حالة الغزو العالى للفيروسات مثل فيروس موزايك الدخان TMV، وعلى الرغم من أن انتقال الفيروس إلى الجاميطة المؤنثة عن طريق حبة اللقاح عرف منذ أكثر من ٤٠ عاماً، إلا أنه توجد معلومات حالية للتساؤل عما إذا كان دخول الفيروس قاصراً على المبيض، أو يمكن أن يهرب ويصيب النبات الأم.

اقترح Reddick & Stewart (١٩١٨ و ١٩٣١) أن ذلك يحدث فى حالة فيروس موزايك الفاصوليا العادى؛ حيث ينتقل المرض من النباتات السليمة أو النباتات المصابة عن طريق حبوب اللقاح، ولكن الانتقال بهذه الطريقة فى الفاصوليا لم يثبت.

كذلك وجد Lister and Murant (١٩٦٧) انتقال فيروس البقع الحلقية فى الشليك عن طريق حبوب اللقاح.

وعلى الرغم من أن النتائج المبكرة فشلت فى إظهار انتقال الفيروسات إلى النبات الأم عن طريق حبوب اللقاح، فقد أعطت اختبارات أخرى دليلاً على أن ذلك ممكن أن يحدث، على الرغم من كونه نادراً.

يبدو الآن وجود دليل على أنه يحتمل هروب الفيروس من المبيض وغزوه للنبات الأم المثير فى ذلك ميكانيكية منع ذلك من الحدوث؛ فالفيروس يهرب من المبيض ولكن غير قادر على غزو الأنسجة المجاورة بمعدلات سريعة كافية، لكى تسمح للفيروس لكى يثبت نفسه ويتكاثر فى النبات الأم، ويعطى إصابة جهازية. معدل سرعة حركة الفيروس احياناً توجد فى اللحاء، ويوجد دليل على أن هذه الحركة مرتبطة بانتقال الكربوهيدرات؛ حيث يكون من المتوقع أن الكربوهيدرات تتحرك أكثر أو أقل من اتجاه الثمار، وبذلك فإن سرعة غزو النبات الأم من المبيض بواسطة الفيروس تكون مستبعدة، وحتى إذا وصل الفيروس إلى اللحاء – غزو الأنسجة خارج اللحاء تكون محدودة؛ نتيجة لأن حركة الفيروس تكون بطيئة نسبياً من خلية برانشيمية لأخرى، ومن المتوقع أن حركة الفيروس من مبيض الكريز كمثال – خلال الأنسجة المحيطة بهذه الطريقة ولأسفل خلال أنسجة الثمرة ثم إلى الأنسجة البرانشيمية – تتطلب وقتاً كبيراً، وفى كثير من الحالات فإن الثمار تنضج وتجمع، قبل أن

يحدث ذلك حتى إذا تحرك الفيروس خارج المبيض.

٢ - إصابة الجنين نتيجة غزو الفيروس للبويضة فى نبات الأم:

من الممكن أن نكتشف وجود أو غياب عدد من الفيروسات من الجاميطة المذكرة للنبات. ولكن من الصعب تقرير ذلك بالنسبة للجاميطة المؤنثة، ويبدو أن الفيروس الذى يستطيع غزو الجاميطة المذكرة أن يغزو أيضًا المؤنثة. فى كثير من حالات الانتقال عن طريق حبوب اللقاح يدخل الفيروس مباشرة إلى الكيس الجنينى، عن طريق أنبوبة حبة اللقاح أثناء عملية الإخصاب حيث يثبت ويصيب الجنين - وهكذا إذا أصبح الكيس الجنينى مصاباً خلال دخول الفيروس مباشرة بواسطة حبة اللقاح، ومن هذا يبدو أن المبيض سوف يصاب خلال غزو الفيروس للمبيض من الخلايا المجاورة فى نبات الأم فى مراحل مبكرة أو متأخرة من نمو المبيض.

يوجد دليل آخر على إصابة المبيض، وجد فى العلاقة بين الانتقال عن طريق البذور ووقت إصابة نبات الأم - حيث وجد Fajardo (١٩٢٨) أن نباتات الفاصوليا النامية من بذور نباتات مصابة بفيروس موزايك الفاصوليا العادى أعطت نسبة عالية من البذور المصابة عن النباتات المحقونة، خلال مراحل النمو الخضرى، ولم يجد انتقال عن طريق البذور فى البذور الناتجة من القرون المجموعة قبل إصابة نبات الأم.

استنتج Nelson أن الانتقال بالبذرة فى فيروس موزايك الفاصوليا يعتمد على قدرة الفيروس على الوصول للمبيض قبل الإخصاب أو بعد ذلك بقليل.

كذلك وجد Couch (١٩٥٥) أن نباتات الخس المحقونة بفيروس موزايك الخس Lettuce mosaic virus قبل التزهير، أعطت بذوراً قليلة مصابة بالفيروس عن النباتات المصابة بعد الزراعة مباشرة. أما النباتات التى أصيبت بعد التزهير لم تعط انتقال خلال البذور.

٣ - الإصابة خلال الغزو المباشر للجنين:

على الرغم من أن الانتقال بالبذور يعتمد على إصابة الجنين بالفيروس فى مرحلة مبكرة من تكوينه، حيث يغزو الفيروس الكيس الجنينى أولاً - بعض الملاحظات تشير إلى أن ذلك

لا يكون ضروريًا فى جميع الحالات.

على الرغم من أن Hagbory (١٩٥٤) وجد أن نباتات القمح المحقونة بفيروس التخطيط الموزايكى فى الشعير فى وقت طرد السنابل، لم تعط انتقالاً عن طريق بذورها، بينما وجد اختلافًا فى النتائج المتحصل عليها مع هذا الفيروس فى حالة الشعير – حيث وجد أن نسبة الانتقال عن طريق البذور تصل إلى ٦٣,٧ ٪ فى حالة البذور المصابة فى مرحلة النضج، ثم تهبط، ولكن تبقى بالمعدل نفسه فى مرحلة طرد السنابل والطور العجينى الصلب.

استنتج Crowley (١٩٥٩) أن إصابة الأجنة الصغيرة المتكونة فى الشعير بفيروس التخطيط الموزيكى محتملة، على الرغم من أن نسبة عالية من الإصابة وجدت عندما حقنت النباتات قبل التزهير فقط.

هذه النتائج تدل على أن نباتات معينة وبعض الفيروسات تكون قادرة على غزو المبيض أو الكيس الجنينى – كما فى حالة الإصابة المتأخرة فى الشعير المصاب بفيروس التخطيط الموزايكى، حيث يحتمل غزو الجنين حتى بعد وصوله إلى مرحلة النضج.

سادسًا : أمراض البذور المتسببة عن الفيروسات :

أحسن أمثلة لتأثير الفيروس على موت جنين البذرة فيروسات Tomato aspermy virus وموزايك الفاصوليا الجنوبى، حيث يسببان موتاً للبذور وعقماً للأزهار (Inouye, 1962). ولقد ذكر أيضًا Seth (١٩٦٢) أن الفيروس Pigeon pea sterility mosaic الذى ينتقل عن طريق الحلم، ولا ينتقل خلال البذور، ورغم ذلك يؤدى لعقم بذور الـ Pigeon pea، وكذلك تؤثر فيروسات أو ميكوبلازما Citrus spiroplasma فى أنواع عديدة من الموالح المصابة، على الرغم من عدم انتقالها عن طريق بذورها.

وهناك عديد من الأمثلة على الفيروسات المحمولة بالجنين وتأثيرها على خفض حيوية البذور خصوصًا البقوليات مثل البسلة المصابة بفيروس Pea early browning تصبح البذور مجعدة، وتميل القصرة إلى اللون الرمادى المائل للخضرة، وتصبح بذور اللوبيا المصابة بفيروس موزايك اللوبيا صغيرة ومجعدة (Phatat and Summanwar, 1967.)، وتصبح

بذور البسلة المصابة بفيروس موزايك اللوبيا المحمول بالبذرة مجعدة، وتتلون قصرة بذور فول الصويا المصابة بفيروس موزايك فول الصويا تتلون بتبرقش لونه بنى أو أسود عند منطقة السرة، وتصبح البذور أصغر فى الحجم من البذور السليمة (Phatat, 1974). وتتلون قصرة بذور فول الصويا المصابة بفيروس تقزم فول الصويا بتبرقش واضح، وكذلك بذور الـ mung bean المصابة بفيروس Mung bean mosaic ، حيث تأخذ مظهر التجعد والتكرمش (Phatat, 1974)، أما بذور الفول السودانى المصابة بفيروس تبرقش الفول السودانى فتكون ملونة وأصغر فى الحجم من البذور السليمة، وكذلك حبوب الشعير المصابة بفيروس الموزايك المنقط فى الشعير، والتى تكون مجعدة وأصغر فى الحجم من السليمة.

يسبب فيروس موزايك قصب السكر الذى ينتقل خلال بذور الذرة السكرية نكروزيس فى النورات أما البذور فتصبح مجعدة وأصغر فى الحجم عن السليمة، كذلك تصبح بذور القرعيات *Cucurbita pepo* المصابة بفيروس موزايك الكوسة أخف من البذور السليمة وضعيفة ومشوهة (Middleton, 1944). وفى تجربة لبعض بذور الخس السليمة عن المصابة كان ذلك بناء على الوزن، كذلك وجد أنه فى عديد من الأصناف يؤدى فيروس موزايك الخس لحدوث نكروزيس على البذور، ونقص فى قدرتها على الإنبات.

- وتؤثر الإصابة بفيروسات BYMV & CMV على بذور الترمس، وتؤدى لصغرها فى الحجم وبالنسبة للأزهار التى تحملها تكون مكرمشة، وتعطى قروناً قليلة مشوهة تحتوى على بذور قليلة حاملة للفيروس (Troll, 1957).

- وفيروس موزيك الدخان (السلالة التى تصيب الطماطم) يسبب نكروزيس على بذور الطماطم وتأخذ اللون الأسود (Broadbent, 1965).

- بعض الفيروسات تؤثر مباشرة على حيوية البذور مثل فيروس موزايك الخس والسلالة الخفيفة للفيروس، المنتقل خلال بذور حشيشة الدينار يؤدى لنقص فى نسبة الإنبات حوالى ٢٠٪، وقد يصل إلى ٩٠٪ (Blattny & Osvald, 1957) بذور الـ *Spergula arvensis* المصابة بفيروس الحلقة السوداء تنبت ببطء عن البذور السليمة، ولكنها تعطى

تأثيراً ضئيلاً، أو لا تؤثر على البادرات (Lister & Murant, 1963).

سابعًا: العوامل التى تمنع انتقال الفيروسات عن طريق البذور:

على الرغم من الطبيعة الجهازية لأغلب الفيروسات المعدية، إلا أن الانتقال عن طريق البذور غير دائم الحدوث، وذلك بسبب ما يلى:

١ – فقد الفيروس فاعليته أو تثبيطه فى الجنين.

٢ – الفيروس يميت أو يشوه الجاميطات، وهذا يسبب عقم الجاميطات ويمنع إنتاج البذرة المصابة بالفيروس.

٣ – عدم مقدرة الفيروس على إقامة علاقة توافق مع الجاميطات، ولقد وجدت هذه الفيروسات فى الأجزاء الزهرية والبذور غير الناضجة، ولكن عند وجودها فى البذور الناضجة توقف نشاطها.

٤ – عدم مقدرة الفيروس على إصابة الأجنة الصغيرة، إما بسبب مقاومة الجنين للإصابة أو عدم مقدرة الفيروس على إصابة الجاميطات المذكرة أو المؤنثة قبل تكوين الجنين.

وهذا يبين أيضًا أن الفيروسات التى تكون قاصرة على الحزم الوعائية لا تستطيع الانتقال خلال البذور، حيث لا يوجد اتصال وعائى بين الجنين والنباتات الأم – وذلك يفسر حقيقة أن الانتقال بالبذور يكون قاصرًا على الفيروسات، التى تكون قادرة على غزو الأنسجة البرانشيمية.

وتبعًا للعالم كراولى Crowley (1957):

توجد ٣ أقسام من الفيروسات التى يستحيل انتقالها خلال البذور، وهى:

١ – الفيروسات التى تقتل عوائلها.

٢ – الفيروسات التى تمنع تكوين الأزهار.

٣ – الفيروسات التى يكون انتشارها فى النبات العائل محدوداً.

ولقد ذكر Bennett (1969) العوامل المحددة لانتقال الفيروس عن طريق البذور، وهى

كما يلى:

١ - تثبيط الفيروس فى الجنين:

هناك احتمال كما اقترح Duggar (١٩٣٠) بأن المثبطات الموجودة فى البذور سوف تؤثر على الانتقال خلال البذور مثال ذلك: وجود أنواع خاصة من البروتينات أو مواد معينة أخرى فى البذرة ربما تمنع انتقال فيروس TMV عن طريق البذور.

ولقد اقترح Caldwell (١٩٦٢) أن الجنين بيئة غير صالحة لتكاثر الفيرس، بسبب وجود كمية قليلة من المواد الفسفورية ذات الطاقة العالية، اللازمة لتضاعف الفيروس؛ حيث إنه اثناء عملية الانقسام الميتوزى، تحتاج الخلية النامية إلى كمية كبيرة من هذه المواد، ونتيجة ذلك فإنه فى المراحل الأولى من تكوين الجنين يستخدم هذه المواد، وبالتالى لا يستطيع الفيروس التكاثر ويثبط فى النهاية، وربما أفضل مثال على توقف نشاط الفيروس فى القدرة هو ما ذكره العالمان Zaumeyer & Harter عام (١٩٤٣) على فيروس موزايك الفاصوليا الجنوبى فى الفاصوليا؛ حيث استردا الفيروس من بذور الفاصوليا فى الطور اللبنى والطور العجينى المبكر، ومن البذور حديثة النضج، ولكن فشلا فى استرداده من البذور المخزنة لمدة ٧ شهور.

كذلك ذكر Cheo (١٩٥٥) أن فيروس موزايك الفاصوليا الجنوبى يصيب الجنين الصغير، ويزداد تركيزه بنضج الجنين، بينما يهبط تركيز الفيروس لمستوى منخفض، أو يصل إلى الصفر عند جفاف البذور، وذلك بتغيير التركيب الكيماوى فى الجنين. فالبادرات النامية من البذور غير الناضجة اعطت نسبة إصابة ٥٨-٨٠٪ عند إنباتها على ورق ترشيح، بينما البادرات الناتجة من بذور ناضجة أحيانًا لا تحتوى على الفيروس، كذلك وجدت كمية كبيرة من المواد المثبطة للفيروس فى العصارة المستخلصة من البذور الناضجة عن المستخلصة من البذور غير الناضجة.

٢ - عقم الجاميطات:

التأثر المباشر للفيروس على الجاميطات أو الجنين يؤدى لمنع تكوين أو إنتاج بذور مصابة

– حيث وجد ذلك فى عدد محدود من الحالات.

يسبب فيروس البقع الحلقية فى الدخان Tobacco ringspot virus عقم حبوب اللقاح، ويقلل محصول البذور، ولكن لا يؤثر الفيروس على المبيض. هناك حالة أخرى مشابهة وجدت فى فيروس موزايك الخس Lettuce mosaic virus – فى الخس – حيث يسبب هذا الفيروس درجة عالية من عقم حبوب اللقاح، ويحدث الانتقال بواسطة حبوب اللقاح بقلة جداً – ولكن الانتقال عن طريق المبيض لا يتأثر بالدرجة نفسها – كذلك لفيروس To-mato aspermy virus على الطماطم تأثير مباشر ومميت على حبوب اللقاح والبويضات؛ حيث يتدخل فى عمليات الانقسام العادى للجاميطة المذكرة والجاميطة المؤنثة، ويمنع تكوين البذور فى النباتات المريضة (Caldwell, 1952). ووجدت نسبة عالية من حبوب اللقاح العقيمة فى الشعير عند إصابتها بفيروس التخطيط الموزايكى فى الشعير Barley stripe mosaic virus، ووجد Inouye (١٩٦٢) نقصاً فى عدد البذور المخصبة فى القمح المصاب بهذا الفيروس فى اليابان، وذلك بنسبة ٢٠–٥٠٪، ولكن لم يوجد نقص كبير فى نسبة البذور المصابة.

اقترح Couch (١٩٥٥) أن غياب الانتقال خلال بذور الخس المصابة بفيروس موزايك الخس فى الصنف Chestnut Early Giant يرجع إلى أن الأزهار التى تنشأ على الفرع الأصلى تموت بمجرد تكوينها نتيجة للإصابة بالفيروس، والأزهار التى تتكون على الأفرع الثانوية تكمل نموه وتكون البذور الناتجة منها خالية من الفيروس.

٣ – قابلية الجاميطات للإصابة بالفيروس:

إن الدراسات السيتولوجية والتشريحية والعوامل الأخرى التى لها علاقة بظهور أجيال خالية من الفيروس لعديد من النباتات المصابة بالفيروس، تم دراستها بواسطة عديد من العلماء. فوجد أنه من الواضح أن خلو الجاميطات الناتجة من النباتات المصابة جهازيًا من الإصابة تعزى إلى مقاومة الجاميطات وراثيًا لغزو الفيروس وتكاثره أو هروبها من الإصابة اثناء عملية الحماية الميكانيكية، ولقد ذكر للمؤلف Medina & Grogan (١٩٦١) وجود دليل على أنه فى بعض الحالات تكون الجاميطة المؤنثة منيعة للإصابة بالفيروس، فعند تلقيح

صنفين من الفاصوليا، بهما عامل المقاومة سائد مع أصناف أخرى حساسة للإصابة، لم يحدث انتقال خلال البذور.

وعلى الرغم من أن الجاميطات لها تأثير على تثبيط الفيروسات، وبذلك تقلل أو تمنع الانتقال عن طريق عدم قدرة الفيروسات على الغزو الكامل للمرستيم الأولى.

يسمح التأخير فى غزو الأنسجة المرستيمية بواسطة الفيروس للجاميطات الناشئة أن تكون خالية من الفيروس، وبعض الفيروسات يكون فى استطاعتها غزو الأنسجة المرستيمية، ولكن لا يمكنها أن تعيش فى الخلايا البرانشيمية، وذلك يكون سبب فقد الفعالية أثناء عملية النضج للخلية، وهذا الفقد فى الفاعلية من المتوقع أن يؤثر وربما يمنع الانتقال بالبذرة.

هروب طلع خلية الأم من غزو الفيروس بواسطة تأخير غزو المرستيم، وبالتالى هروب حبوب اللقاح من الغزو أثناء النمو السريع غير صعب الملاحظة، ورغم ذلك غير واضح لماذا يوجد مدى واسع من إصابة الطلع باختلاف العائل / فيروس.

٤ - وقاية الجنين من الإصابة بالفيروس:

بالإضافة لميكانيكية وقاية الجاميطات المذكرة والمؤنثة للإصابة، توجد أيضًا ميكانيكية وقاية الجنين اثناء مراحل تكوينه من الإصابة المجاورة، التى تحتوى على كمية كبيرة من الفيروس نتيجة إصابة النبات جهازيًا.

عند تكوين الجنين باتحاد البويضة مع حبة اللقاح غير المعدية، فإن الجنين يبدأ فى التكوين فى بيئة خالية من الفيروس. ولا توجد روابط بروتوبلازمية بين الجنين والخلايا المجاورة، ويصبح الجنين تركيباً طفيليًّا قادراً على النمو والتكوين، عن طريق امتصاص المواد الغذائية من نبات الأم، ولقد وجد أن الجنين يستطيع امتصاص المواد الغذائية من المنطقة المحتوية على كل من المواد الغذائية والفيروس، دون حدوث إصابة، وفى هذه الحالة يكون جدار خلايا الجنين هو المانع لمرور الفيروس مع المواد الغذائية.

يوجد دليل فى حالات قليلة على أن الفيروس قادر على المرور خلال البناء السيليلوزى

لجدار الخلية، كما وضح Kassanis (١٩٥٨) فى مزارع الأنسجة أنه مع هذه المقدرة على الحركة خلال جدار الخلية، يظهر جنين نبات الفاصوليا مقاومة عالية ضد غزو الفيروس، وتبعًا للعالم Crowley (١٩٥٩) وجد أن فيروس موزايك الفاصوليا الجنوبى Southern bean mosaic virus يصيب جنين الفاصوليا بعد ٤ أيام من التزهير، وليس بعد ٧ أو ١٠ أيام. كذلك فى حالة فيروس التخطيط الموزايكى فى الشعير، ينتقل خلال البذور، حتى إذا حدثت العدوى فى أوقات متأخرة حتى فى الطور العجينى من تكوين البذور – كما وجد Crowley (١٩٥٩) على الفيروس نفسه أن اصابة الأجنة الصغيرة التكوين تظهر محتملة فى بعض أصناف الشعير، ولكن نسبة عالية من الانتقال بالبذرة، وجدت عند إصابة النباتات قبل التزهير.

وعلى الرغم من أنه فى حالات نادرة تظهر الفيروسات قدرة على الحركة خلال الجدار السيلولوزى الخلوى، لكن ما زالت حركة الفيروس خلال الخيوط البرتوبلازمية التى تصل الخلايا المجاورة فى الأنسجة البرانشيمية هى الطريق المفضل لها.

معدل انتقال الفيروس خلال البذور:

هناك عديد من العوامل التى تؤثر على معدل انتقال الفيروس خلال البذور، نذكر منها:

١ – ميعاد إصابة النباتات وتأثيره على نسبة البذور المصابة:

فى عديد من الأمراض الفيروسية توجد علاقة ثابتة ما بين ميعاد عدوى المحصول وكمية البذور المصابة، والتى تنقل الفيروس. فلقد وجد كل من Athow & Bancroft (١٩٥٩) علاقة مابين نسبة انتقال فيروس التبقع الحلقى فى الدخان ببذور فول الصويا، ووقت ملاحظة الأعراض الأولية على النباتات فى الحقل، فوجد أن الإصابة المبكرة بناء على ملاحظة الأعراض تعطى نسبة مئوية عالية فى نقل الفيروس خلال البذور، بعكس الإصابة المتأخرة أثناء أو فى نهاية مرحلة التزهير؛ إذ تعطى نسبة مئوية منخفضة فى النقل. وهذه الملاحظة عن تأثير عمر النباتات ووقت العدوى ومعدل النقل بالبذرة تأكدت عن طريق (Crowley & Francki, 1968).

ووجد Fajardo (١٩٣٠) أن فيروس BCMV ينتقل خلال بذور الفاصوليا فقط، عندما تكون النباتات الأم مصابة قبل مرحلة التزهير. وكذلك فيروس موزايك اللوبيا المحمول بالمن يقل معدل انتقاله خلال بذور اللوبيا، كلما زاد عمر النبات الأم؛ حيث إنه عند تأخير العدوى لعشرة أيام قبل التزهير أو بعد تزهير المحصول، لا ينتقل الفيروس خلال البذور.

٢ - تأثير العوامل البيئية على نسبة الانتقال خلال البذور (خاصة درجة الحرارة):

أوضحت الدراسات التى أجريت فى هذا المجال أن نسبة الانتقال خلال البذورتتأثر بالعوامل البيئية، التى يتم تحتها إنتاج هذه البذور خصوصاً درجة الحرارة.

ووجد العالم Crowley (١٩٥٧) أن نسبة انتقال فيروس عن طريق بذور الفاصول تتراوح ما بين صفر – ٢٥٪ عند تنمية النباتات المصابة، تحت مستويين من درجات الحرارة؛ ففى حالة تنميتها تحت درجة ٦٢ – ٦٥ فرنهيت، لم يحدث انتقال بالبذرة بعكس فى حالة تنميتها على درجة ٦٨ درجة فهرنهيت، كانت نسبة الانتقال خلال البذور ١٦ – ٢٥٪. كما قام Singh وآخرون (١٩٦٠) بعمل دراسات على تأثير درجة الحرارة على انتقال فيروس التخطيط الموزايكى فى الشعير BSMV، عن طريق بذور أربعة أصناف من الشعير، تتحمل الإصابة بالفيروس، فوجدوا أنه عند تنمية النباتات فى ١٦م، حدث انتقال للفيروس خلال بذور صنف واحد بنسبة ٣٪، ولم ينتقل خلال الثلاث أصناف الأخرى. أما عند تنمية النباتات على درجة ٢٠مْ حدث انتقال عن طريق بذور الأربعة أصناف بنسبة ٩–٢٧٪، وعند تنميتها على درجة ٢٤مْ، حدث انتقال عن طريق البذور يتراوح ما بين ٧–٢٨.

٣ - تأثير شدة الأعراض على نسبة الانتقال خلال البذور:

هناك دليل على أن نسبة انتقال الفيروس عن طريق البذور مرتبطة لحد ما بشدة الأعراض، وأن شدة الأعراض ترتبط بتركيز الفيروس، وحيث إن التركيز المنخفض من الفيروس النامى ببطء مما يسمح للجاميطات النامية بالهروب من الإصابة، وكل ما سبق فروض تحتاج لمزيد من الدراسة والأدلة.

٤ – تأثير الفيروس والسلالة الفيروسية على النقل بالبذرة:

تختلف نسبة الانتقال خلال البذور باختلاف الفيروس، فقد وجد أن نسبة انتقال فيروس التبقع الحلقى فى الدخان خلال بذور فول الصويا تصل إلى ١٠٠ ٪، وفى حالة نباتات الخس المصابة بفيروس موزايك الخس تصل إلى ٣–١٠٪.

كذلك تختلف نسبة الانتقال عن طريق البذور باختلاف سلالات الفيروس الواحد، فقد وجد العالمان Grogan & Schnathorst, 1955 أن « السلالة ٩٨ » من فيروس التبقع الحلقى فى الدخان Tobacco ringspot virus تنتقل بنسبة ٣٪ خلال بذور صنف الخس Raris Island cos، بينما السلالة "Calico" من الفيروس نفسه لا تنتقل عن طريق بذور الصنف نفسه.

٥ – تأثير اختلاف أنواع واصناف العائل على نسبة الانتقال خلال البذور:

فقد وجد أن الفيروس قد ينتقل خلال بذور نوع من النبات، ولا ينتقل خلال بذور نوع آخر تابع للجنس نفسه، مثال: ينتقل فيروس موزايك الدخان TMV خلال بذور الطماطم والفلفل والدخان، ولا ينتقل خلال بذور أنواع أخرى.

كذلك ينتقل فيروس موزايك الخيار CMV خلال بذور الخيار البرى بنسبة ١٠٪، بينما فى بذور الخيار المنزرع تقل النسبة كثيراً عن ذلك، كذلك فإن فيروس موزايك الكوسة ينتقل خلال بذور الأنواع المختلفة من القرعيات بنسبة تتراوح ما بين صفر إلى ٣٠,٧ ٪.

ووجد أن فيروس موزايك فول الصويا SMV ينتقل بنسبة ٢١,٤٪ خلال بذور *Atriplex pacifica*، بينما لا تنتقل خلال بذور ٥ أنواع أخرى من جنس Atriplex نفسه.

كذلك تختلف نسبة الانتقال بالبذرة باختلاف الأصناف التابعة للعائل نفسه، كما فى حالة فيروس موزايك الخس، الذى لا ينتقل خلال بذورالصنف Cheshnut Early Giant، بينما ينتقل بنسب مختلفة تتراوح ما بين ١–٨٪خلال بذور الأصناف الأخرى من الخس.

ثامناً: تثبيط الفيروس فى البذور:

١ – بالنسبة لدرجات الحرارة قد تستخدم درجات الحرارة العالية فى استبعاد الفيروس من

البذور، ولكن أحيانًا لا يكون للحرارة العالية تأثير على استبعاد الفيروس فمثلاً فى حالة فيروس موزايك القاوون وفيروس موزايك الفاصوليا، على الرغم من عدم تحمل هذين الفيروسين للحرارة العالية فى الأنابيب، إلا أن استعمال درجة حرارة عالية عن الدرجة الموقفة للنشاط الباثولوجى فشلت فى استبعاد هذه الفيروسات من البذور؛ حيث وجد أن الفيروسات تكون أكثر مقاومة لدرجات الحرارة العالية فى البذور الجافة عنها فى الأنابيب، وقد يكون سبب ذلك وجود ماء قليل ومحتوى عالٍ من البروتين.

ولقد بذلت محاولات كثيرة لاستبعاد الفيروس من البذرة، وذلك باستخدام درجات حرارة عالية نوعًا لفترات قصيرة نسبيًا.

٢ – باستخدام الطرق الكيماوية لاستبعاد الفيروسات خاصة التى توجد على سطح البذور أو المناطق القريبة من السطح، كما فى حالة فيروس موزايك الدخان ؛حيث وجد Taylor et al (١٩٦١) أنه يمكن استبعاد هذا الفيروس من بذور الطماطم بمعاملتها بالترای صوديوم فوسفات (ص٣ فوا ٤)، أو باستخراج البذور من الثمار المصابة باستخدام الأحماض المخففة مثل حمض الهيدروكلوريك (يدكل)، أو باستخراج البذور من الثمار بطريقة التخمير.

– ولقد وجد أن مركبات السيتوكينيتات لها تأثير مثبط على تضاعف بعض الفيروسات النباتية، وقد وجدت نسبة مرتفعة من هذه المركبات فى بذور الذرة، ومن المحتمل أنها تلعب دورًا فى مقاومة انتشار بعض الفيروسات فى البذور والثمار.

– وقد تستخدم بعض المواد الكيماوية، ومنها المضادات الحيوية فى مقاومة بعض الفيروسات، كما فى بذور الخيار، أو تستخدم بعض المواد الكيماوية فى رش الحقول التى تخصص لإنتاج التقاوى، ومن هذه المواد : 8-azaguanine وكذلك 2-thiouracil.

٣ – كذلك يفقد الفيروس نشاطه بتخزين البذور، فلقد وجد Middleton & Bohn (١٩٥٣) أن فيروس موزايك القاوون muskmelon mosaic vrius تنخفض نسبة انتقاله عن طريق البذور من ٩٥٪ فى البذور الطازجة إلى ٥٪ فى البذور المخزنة لمدة ٣ سنوات – كذلك وجد Middleton (١٩٤٤) أنه لايوجد اختلاف فى نسبة انتقال

فيروس موزيك الكوسة فى بذور الكوسة بعد فترة قصيرة من جمعها، وبعد ٣ سنوات أخرى.

ووجد Fulton (١٩٦٤) أن نسبة انتقال فيرس النيكروز الحلقى فى الكريز عن طريق البذور ظلت ثابتة من ٦٠–٧٠٪ فى السنين الأربعة الأولى من التخزين على درجة حرارة ٢مْ، ولكنها انخفضت لأقل من ٥٪ فى السنة السادسة، ووجد فى هذه الحالة فقداً قليلاً فى حيوية البذور.

وجد أن التخزين لا يؤثر على نشاط فيروسات أخرى فى البذور، حيث وجد Nelson (١٩٣٢) كمية الانتقال نفسها عن طريق البذور فى فيروس موزايك الفاصوليا العادى فى بذور الفاصوليا الطازجة والبذور المخزنة لمدة ٣ سنوات.

ولم تجر دراسات كافية على علاقة محتوى البذرة من الفيروس بحيوية البذرة نفسها، ولكن لايوجد هناك دليل على أن حيوية البذرة تتأثر بوجود الفيروس.

ولمقاومة الأمراض الفيروسية التى تنتقل عن طريق البذور، يتم إجراء بعض المعاملات، منها:

١ – التخلص من النباتات المصابة فى الحقل مبكراً كلما أمكن ذلك.

٢ – إنتاج بذور خالية من الفيروس واستخدامها فى الزراعة.

٣ – كذلك يمكن مقاومة الانتقال عن طريق البذور بواسطة العوامل الوراثية، التى يمكن الاستفادة منها فى برامج التربية لتقليل أو استبعاد الفيروسات عن البذور فى نباتات محصول معين، حيث يكون النجاح فى مثل هذه البرامج عظيم الفائدة فى مقاومة الأمراض الفيروسية لإنتاج أصناف مقاومة.

تاسعاً: طرق اختبار البذور الحاملة للفيروس:

١ – الفحص الخارجى:

فى حالة الإصابة ببعض الفيروسات كما فى إصابة بذور فول الصويا Soybean mosaic

virus قد تظهر التغيرات المرضية فى صورة خطوط ملونة بلون بنى داكن أو أسود، تخرج من منطقة السرة وتحيط بالبذرة فى شكل حزم أو اشعة. وفى الغالب لا تظهر أعراض الإصابة بالأمراض الفيروسية على البذور؛ مما جعل البذور المصابة تبدو مثل السليمة.

٢ - زراعة البذور:

تعقم البذور حتى تموت الكائنات الدقيقة إن وجدت على سطح البذور، ثم توضع البذور فى جو رطب بأن تحضر أطباق بترى بها ورق ترشيح مبلل، ثم توضع البذور بالطبق، وتحضن الأطباق حتى يتم الإنبات، ثم تزرع البذور فى تربة معقمة فى أصص، وتوضع فى الصوبة الزجاجية أو فى مكان معزول عن الحشرات، التى تلعب دوراً مهمًّا فى نقل الأمراض الفيروسية. وتترك البذور حتى مرحلة الإنبات وظهور الأوراق الثلاثية، التى من المحتمل أن تظهر عليها اعراض الإصابة الفيروسية إن وجدت، وبالتالى يمكن تحديد مظهر الإصابة ونسبة الإصابة.

٣ - الطريقة التشريحية:

وهى مفيدة فى حالة الإصابة بالأمراض الفيروسية، حيث إن الإصابة بالفيروس تحدث تغييرات داخلية بالأنسجة، وعلى ذلك تثبت العينة فى محلول المثبت المناسب، ثم تعمل فيها قطاعات يدوية أو بالميكروتوم، وتصبغ الصبغات المناسبة وتختبر ميكروسكوبيًا.

٤ - الطريقة السيرولوجية:

وهى من الطرق المهمة لاختبار الإصابة بالأمراض الفيروسية.

جدول (٨ - ١) : أمثلة الفيروسات التى تنتقل فى بذور بعض النباتات.

الفيروس	النبات العائل المختبر	النسبة المئوية للنقل
١ – فيروس موزايك البرسيم الحجازى (Alfalfa mosaic virus)	البرسيم الحجازى	١–٥ حتى٦
٢ – فيروس موزايك الشعير (Barley mosaic virus)	الشعير	٢–٤٥
٣ – فيروس الموزايك المخطط فى الشعير (Barley stripe mosaic virus)	الشوفان	صفر–٩,٥
	الشعير	٥٨
٤ – فيروس موزايك الفاصوليا العادى (Bean common mosaic virus)	الفاصوليا	٥٠
	Vigna sesqupedalis	٣٧
٥ – فيروس موزايك الخس (lettuce mosaic virus)	الخس	٣,١
	Senecio vulgaris	٢,٣
٦ – فيروس اصفرار حواف الأوراق فى الفول السودانى (Peanut marginal chlorosis virus)	الفول السودانى	٣٠–١٠٠
٧ – فيروس تبرقش الفول السودانى (Peanut mottle virus)	الفول السودانى	٢
٨ – فايرويد الدرنة المغزلية فى البطاطس (Potato spindle tuber viroid)	الطماطم	٢–١١
	البطاطس	٨٧–١٠٠
٩ – فيروس موزايك فول الصويا (Soybean mosaic virus)	فول الصويا	صفر–٦٨
	فول الصويا	(١–١٨)
١٠ – فيروس موزايك الكوسة (Squash mosaic virus)	الشمام	٦,٦–٢٠
	الكوسة	٢,٢
	البطيخ	١,٥
١١ – فيروس موزايك الدخان (Tomato mosaic virus)	الفلفل	٢٢
	الطماطم	٢
	العنب Vitis spp.	٢٠
١٢ – فيروس الذبول المبقع فى الطماطم (Tomato spotted wilt virus)	*Senecis cruentus*	حتى ٩٦
١٣ – فيروس موزايك الخيار Cucumber mosaic virus	الخيار	«اثار»
	الخيار البرى	٩,١
	الطماطم	٠,٢
	اللوبيا	٤–٨

خامساً : الانتقال عن طريق التربة : Soil transmission

تنتشر بعض الأمراض الفيروسية خلال التربة؛ أى إن الإصابة تحدث فى أجزاء النبات تحت سطح التربة. فى هذه الأمراض لايعرف لها ناقل آخر عن طريق إصابة الأجزاء الخضرية، ويطلق على هذه المجموعة من الفيروسات بالفيروسات المحمولة فى التربة، ويمكن تعريف هذه المجموعة بأنها: « تنتشر انتشاراً طبيعياً تحت سطح التربة، ولا تعتمد فى إصابة النبات على تلامس أنسجة النبات المصاب بأنسجة النبات السليم »؛ أى إن انتقال وانتشار الفيروسات عن طريق التربة إما لوجود الفيروس فى التربة ودخوله إلى انسجة النبات عن طريق الجروح، أو أن يحمل أو ينتقل إلى انسجة النبات بواسطة بعض الكائنات الدقيقة مثل الفطر والبكتريا، والحيوانات مثل النيماتودا، وبعض الحشرات مثل بعض أنواع المن التى تصيب الجذور.

وكان أول دليل على انتقال أحد الفيروسات عن طريق التربة هو ما قام به Beijerinck سنة ١٨٩٨، عندما زرع نباتات دخان سليمة فى تربة مأخوذة من حول جذور نبات دخان مصاب بفيروس تبرقش الدخان (TMV) فحدثت الإصابة. وكذلك دلت تجارب Smith سنة ١٩٣٧ على أن فيروس نيكروزيس الدخان Tobacco necrosis virus ينتقل من التربة الملوثة إلى جذور نبات الدخان البرى *N.glutionsa*، ولكن هذا الفيروس لا يتحرك فى الساق إلى أجزاء النبات الموجودة فوق سطح التربة. وحديثًا ثبت أن نوعًا معينًا من فيروسات موزايك القمح يمكنها أن تصيب القمح من خلال التربة الملوثة. وقد وجد Mckinney سنة ١٩٣٧ أن موزايك القمح يظهر عندما يزرع القمح فى تربة ملوثة، ويمكن منع الإصابة بمعاملة التربة بالفورمالين، والتربة النظيفة يمكن تلويثها بخلطها بتربة ملوثة، وليس بخلطها بأوراق من نبات القمح المصاب. وقد وجد أن الفيروس أكثر انتشاراً فى التربة الثقيلة عن التربة الخفيفة، وقد ذكر أن الفيروس يعيش فى بعض الأنواع المناسبة من التربة إلى أكثر من ٩ سنوات.

وينتقل فيروس انتفاخ العروق فى الخس Bigvein virus أيضًا خلال التربة، ويشبه فيروس موزايك القمح فى عدة نواحٍ؛ حيث إنه أكثر انتشاراً فى التربة الثقيلة عن التربة

الخفيفة، ويزداد وجوده مع زيادة رطوبة التربة، ويبقى الفيروس لمدة أكثر من سنة، ويمكن منع الإصابة بتعقيم التربة بالتبخير.

وتحتوى مجموعة الأمراض الفيروسية التى تنتقل وتنتشر عن طريق التربة على أكثر من ٢٠ فيروسا، إلا أنه توجد أمراض فيروسية كثيرة لايعرف طرق انتقالها وانتشارها، ومن المحتمل أن تكون من ضمن هذه المجموعة بعض الفيروسات التى تنتقل عن طريق التربة، هذا بالإضافة إلى أن بعض الفيروسات التى يعرف طرق انتقالها وانتشارها قد تنتقل وتنتشر أيضًا، باستخدام إحدى وسائل طرق الانتقال تحت سطح التربة.

ويمكن تلخيص طرق الانتقال والانتشار عن طريق التربة فى الآتى:

١ - الانتقال بواسطة النيماتودا:

لوحظ أن بعض الأمراض الفيروسية تظهر على النباتات فى الحقل كمجموعات من النباتات المصابة فى أماكن متفرقة فى الحقل، وقد وجد أن هذه الأماكن تحتوى على نيماتودا مما جعل البحث يتجه لمعرفة مدى علاقة هذه النيماتودا وانتشار تلك الأمراض الفيروسية. وقد تمكن Hewitt **et al** سنة ١٩٥٨ من إثبات أن مرض Grapevine fan leaf يمكنه أن ينتقل من نبات عنب مصاب بالمرض إلى نبات سليم، كليهما مزروع فى وعاء واحد، إذا أضيف إلى التربة النيماتودا الخنجرية ***Xiphinema index***. ولكن لا ينتقل المرض إلى النبات السليم، إذا تركت النباتات المصابة والسليمة أى مدة دون إضافة هذه النيماتودا. ومعروف حاليًا حوالى ٢٠ نوعًا species من النيماتودا تعمل كناقلات للفيروسات النباتية.

ومن الفيروسات الأرضية مجموعتان فقط هى التى ثبت حتى الآن انتقال بعض سلالاتها بواسطة النيماتودا. وهى الفيروسات المتساوية الأبعاد (كروية):

١ - مجموعة فيروسات التبقع الحلقى: Nepoviruses: Ring spot viruses (RSV)

ومنها فيروس الورق المروحى فى الكروم (GFV) وتنقله النيماتودا الخنجرية ***Xiphinema index*** وفيروس التبقع الحلقى فى القرنفل CrRSV ، وتنقله النيماتودا الخنجرية من نوع

X.diversicaudatum وفيروس التبقع الحلقى فى الطماطم (TRSV) ، وتنقله النيماتودا الخنجرية من **X.americanum** وغير ذلك من فيروسات أخرى.

٢ - مجموعة فيروسات القرقعة أو الخشخشة (TRV) Rattle viruses:

أيضًا فيروسات التوبرا (عصوية)، وتنتقل سلالات هذه المجموعة بالنيماتودا القاصفة من نوع *Trichodorus pachydermus* وكذلك أنواع *T.primiticus, T. viruliferus &* *T.christie* وهى فيروسات عديدة العوائل، وتنتشر فى كثير من النباتات والأبصال والدرنات.

ويوجد جنس ثالث من التيماتودا وهو *Longidorus* ، وله علاقة بنقل بعض الأمراض الفيروسية الكروية الشكل، ففيروس الحلقة السوداء فى الطماطم (TBRV)والتبقع الحلقى فى توت الأرض تنقله النيماتودا *L.elongatus* ، ويقع الجنسان Xiphinems and Longidorus فى العائلة Dorylaimidae ، أما الجنس Trichodrus فيقع فى العائلة Tylenchidae.

جدول (٨-٢) : فيروسات النبات التى تنتقل بواسطة النيماتودا .

الفيروس	الناقل
أولاً : الفيروسات المتساوية الأبعاد (كروية) :	**Nepoviruses**
فيروس التبقع الحلقى فى الطماطم (Tomato ringspot virus)	*Xiphinema americanum*
فيروس التبقع الحلقى فى الدخان (Tobacco ringspot virus)	*X. americanum*
فيروس موزيك الأرابس (Arabis mosaic virus)	*X. coxi and X.diversicaudatum*
فيروس التفاف أوراق الكريز (Cherry Leaf roll virus)	*X. coxi and X. diversicaudatum*
فيروس التبقع الحلقى فى القرنفل (Carnation ring spot Virus)	*X. diversicaudatum*
فيروس موزايك البروم (Brome mosaic virus)	*X. diversicaudatum*
فيروس الورقة المروحية فى العنب (Grape vine fanleaf yirus)	*X. index and X. italia*
فيروس الحلقة السوداء فى الطماطم (Tomato black ring virus)	*Longidarus attenuatus and L. elangatus*
فيروس التبقع الحلقى فى توت الأرض «الشليك» (Raspberry ringspot virus)	*L.elongatus and L.macrosoma*
ثانيًا : فيروسات التوبرا (عصوية) :	**Tobraviruses**
فيروس خشخشة الدخان (Tobacco rattle virus)	*Trichodarus spp (as) T. christiei* *T. teres, T. nanus, T. pachydermus* *T. anemones, T. teres, T. viruliferus*
فيروس التلون البنى المبكر فى البسلة (Pea early browning virus)	*T. pachydermus, T.teres, T.anemones, T.virnliferus.*

obeikandl.com

خواص النيماتودا الناقلة للفيروسات :

أ – **طريقة التغذية** : إن الثلاثة أجناس من النيماتودا المعروفة بنقلها للأمراض الفيروسية لها رمح طويل، إلاأن النيماتودا التى لم يثبت حتى الآن أنها لا تنقل أمراضًا فيروسية لها مثل هذه الخاصية، كذلك اقترح أن الغدة اللعابية الظهرية فى النيماتودا الناقلة تفتح بالقرب من اتصال البلعوم بالأمعاء، أما فى النيماتودا الناقلة مثل أجناس العائلة Tylen-chidae فإن الغدة اللعابية تنفتح فى تجويف البلعوم. ومن غير المؤكد حتى الآن إذا ما كان هذا الاختلاف له أى دخل فى قابلية النيماتودا فى نقل الفيروس أم لا .

ب – **انتقال الفيروس** : ليس من المعروف حتى الآن المدة اللازمة للنيماتودا للتغذية على العائل المصاب حتى يمكنه أن يكتسب الفيروس وينقله، إلا أنه وجد أنه يكفى تغذية ليوم واحد على العائل المصاب و٣ أيام على النبات السليم؛ حتى يمكن لفيروس Arabis mosaic أن ينتقل بواسطة النيماتودا الناقلة له وهما *Xiphinema diversi-caudatum* أو *X.paraelongatum* ، وكذلك وجد أنه يكفى يوم واحد تغذية على النبات السليم لكى يصاب بفيروس Grapavine fan leaf ، والذى ينقل بواسطة X.index كما وجد أن إضافة معلق فيروس Tomato black ring للتربة المنزرع بها نباتات طماطم سليمة، وبها النيماتودا الناقلة *Longidorus attenuatus* فإنه لاتحدث إصابة بالفيروس، إلا أن الإصابة تحدث عندما تزرع نباتات مصابة فى الوعاء نفسه الذى به النباتات السليمة. وبالعكس يمكن لفيروس Tobacco necrosis أن يصيب النباتات بإضافة معلق من الفيروس إلى التربة. ولا يعرف حتى الآن إذا كانت للفيروس مدة حضانة فى النيماتودا الناقلة أم أنهاتنقله مباشرة.

جـ – **مدة بقاء الفيروس فى النيماتودا** : تختلف مدة بقاء أو حمل النيماتودا للفيروس من فيروس لآخر، وهذه تتراوح ما بين١–٨ شهور، وهى مدة طويلة تبقى النيماتودا قادرة على إصابة النباتات دون أن تتغذى خلال هذه الفترة على نبات مصابة. وقد وجد أن فيروس Tobacco rattle يمكنه أن يبقى فى *T.pachydermus* حتى بعد تجويعها لمدة ٣٦ يومًا. كما أن فيروس Grapevine fan leaf يمكنه أن يبقى داخل النيماتودا

X.index مدة ٤ شهور، دون أن تتغذى على العائل المصاب.

د - **الاحتفاظ بالفيروس بعد الانسلاخ**: ليس من المعروف حتى الآن هل تحتفظ جميع النيماتودا بالفيروس بعد الانسلاخ كما يحدث مع المن الناقل للفيروسات الباقية أم لا. إلا أنه وجد أن بعض النيماتودا تفقد الفيروس بعد الانسلاخ، وقد يرجع ذلك إلى أن الطبقة الخارجية من الرمح تنسلخ أثناء تلك العملية.

هـ - **أطوار النيماتودا الناقلة للفيروس**: تعتمد هذه الخاصية غالبًا على الفيروس نفسه، فنجد أن يرقات *L.elongatus* يمكنها أن تنقل فيروس الحلقة السوداء Tomato black ring، ولا يمكن للطور البالغ أن ينقله، وبالعكس فإن النيماتودا نفسها يمكنها أن تنقل فيروس Raspberry ring spot virus بواسطة كل من اليرقة والطور البالغ.

و - **انتقال الفيروس إلى بيض النيماتودا**: لا يوجد ما يدل على أن الفيروسات تنتقل من جيل إلى جيل فى النيماتودا النافذة للأمراض الفيروسية.

ز - **الكشف عن الفيروس فى النيماتودا**: يمكن الكشف عن الفيروس فى النيماتودا، وذلك بطحن أفراد من النيماتودا الحاملة للفيروس فى نقطة ماء، ثم تلقيح نباتات اختيار بالمعلق؛ حيث إن الفيروسات التى بالنيماتودا تنتقل جميعها بالتلقيح الميكانيكى.

حـ - **تخصص النيماتودا فى نقل الفيروسات**: وجد أن هناك تخصصًا كبيرًا بين الأنواع المختلفة من النيماتودا فى نقلها للأمراض الفيروسية؛ فالإصابة بفيروسات Tomato black ring & Raspberry ringspot تكون دائمًا فى وجود أنواع *Longidorus spp.*، بينما فى حالات فيروسات Tobacco ring spot & Arabis mosaic توجد فى *Xiphinema spp.*.

٢- الانتقال بواسطة وبمساعدة الفطريات:

Transmission of plant viruses by Fungi

اكتشفت الفطريات كناقلات لفيروسات النبات لأول مرة عام ١٩٥٨، حيث سجل

جروجان وزملاؤه Grogan et al, 1958 علاقة مرض انتفاخ العروق فى الخس Lettuce big-vein disease بالفطر *Olpidium brassicae* وبعد ذلك سجل تيكل (١٩٦٠) Teakle علاقة فيروس نيكروزيس الدخان Tobacco necrosis بالفطر نفسه. وقد سجل أيضًا فى السنة نفسها (١٩٦٠) Hidaka علاقة فيروس تقزم الدخان Tobacco stunt بالفطر السابق ذكره.

وخلال الخمسة عشر سنة التى تلت ذلك الاكتشاف، زاد عدد الفيروسات إلى تسعة (٩)، وارتفع عدد الفطريات التى تقوم بنقلها إلى ستة (٦) فطريات (كما هو موضح فى الجدول (٨ – ٣)).

وتختلف الفيروسات التى تنتقل بواسطة الفطريات فيما بينها فى الشكل والحجم، مثل:

١ – الفيروسات المكورة (Polyhedral) (مثل):

Cucumber necrosis virus, Tobacco necrosis virus,

Tobacco stunt virus, Satellite virus.

٢ – الفيروسات العصوية مثل:

Potato virus X, Wheat mosaic virus

ويلاحظ أن هناك بعض الفيروسات، التى تنتقل بالفطريات غير معروفة الشكل حتى الأن مثل:

Lettuce big vein virus, pea false roll virus.

ويمكن نقل بعض هذه الفيروسات بالتلقيح الميكانيكى (بالعصارة) بسهولة، مثل: فيروس X البطاطس وفيروس نيكروزيس الخيار والدخان. أما بالنسبة لفيروس موزايك القمح وفيروس تقزم الدخان فتنتقل بصعوبة بالتلقيح الميكانيكى. أما فيروس انتفاخ العروق فى الخس، فإنه لا ينتقل بالتلقيح الميكانيكى.

جدول (٨ – ٣) : بعض خواص الفيروسات المنقولة بواسطة الفطريات والفطريات الناقلة.

اسم الفيروس	الحجم نانومتر	النقل الميكانيكى	درجة الحرارة المثبطة (م)	القدرة على التعمير	الفطر الناقل
نيكروزيس الدخان (TNV)	٢٦–٣٠	سهل	٨٠–٩٥	عدة أسابيع	Olpidium brassicae
الفيروس المصاحب SATALLITE	١٧	سهل	٩٠–٩٥	عدة سنوات	Olpidium brassicae
تضخم العرق فى الخس LBVV	–	غير معروف	–	–	Olpidium brassicae
تقزم الدخان TSV	–	بصعوبة	٧٥–٨٠	–	Olpidium brassicae
نيكروزيس الخيار CNV	٣١	سهل	٧٥–٨٠	أسابيع	Olpidium cucurbitacearaum
فيروس X البطاطس PVX	٥١٥X١٣	سهل	٧٠	أسابيع	Synchytrium endobioticum'
فيروس موس توب البطاطس PMTV	–	بصعوبة	٥٥ – ٦٠	–	Spongospora subterranea
التفاف أوراق البسلة PeLRV	–	بصعوبة	٧٥–٨٠	أيام قليلة	Pythium ultimum
موزايك القمح WhMV	١٦٠X٢٠	بصعوبة	٥٥ – ٦٠	–	Polymyxa graminis

وهناك بعض الفيروسات التى يعتقد انها تنتقل عن طريق التربة وبمساعدة فطريات أيضًا، وهى فى ٣ مجموعات [كامبل (١٩٨٠)]

أ – المجموعة الأولى	عصوى (١٩٠–٢٤٠)	نانومتر
ب – المجموعة الثانية	عصوى (١٥٠–٢٥٠)	نانومتر
جـ – المجموعة الثالثة	عصوى (١٥٠، ٣٠٥، ٣٣٠)	نانومتر

obeikandl.com

العلاقات بين الفيروسات والفطريات الناقلة لها :

تنتمى الفطريات التى تنقل الفيروسات السابق ذكرها إلى ٣ ثلاثة صفوف Classes هى :

1. Chytridiomycetes; *Olpidium brassicae, O. cucurbitacearum, Synchytrium endobioticum.*

2. Plasmodiophoromycetes: *Polymyxa graminis, Spongospora subterranea.*

3. Oomycetes: *Pythium ultimum.*

وتمر جميع هذه الفطريات أثناء نموها فى ثلاث مراحل؛ حيث إنها تنتج جراثيم هدبية، سواء كان ذلك عن طريق التكاثر الجنسى أو اللا جنسى zoospores. ولهذه الجراثيم المتحركة القدرة على نقل الفيروسات. وهذه الفطريات عادة طفيليات إجبارية، تصيب الجذور – ومن الفطريات الدنيئة غير المتطورة الممرضة سواء (تمتلك القدرة المرضية) أو طفيليات بسيطة؛ فهى تنتج جراثيم هدبية ذات سوط أو سوطين عادة. وهذه الجراثيم تتحوصل، وتصيب خلايا العائل.

خواص الناقلات الفطرية :

يمكن تلخيص بعض الملاحظات العامة على طبيعة العلاقة بين الفطر الناقل والفيروس فيما يلى :

١ – توجد درجة عالية من التخصص مع الأنواع الأخرى من الناقلات، فالفيروس الذى ينتقل بواسطة الفطر، لا يمكن أن ينتقل بأى نوع أو نموذج آخر من الناقلات؛ والفيروس الواحد ينتقل بواسطة نوع واحد من الفطر الناقل.

٢ – هذه الفيروسات تصيب وتتضاعف فى العائل، ولا يحدث ذلك تقريباً فى الفطر.

٣ – إن الفيروس والجراثيم الهدبية للفطر zoospore ينطلق كل منها مستقلاً عن الآخر من جذور العائل المصاب.

٤ – وجد من تجارب الاكتساب Acquisition فى المعمل أن الفيروس قد يوجد داخل الجراثيم الهدبية، أو يرتبط ارتباطًا وثيقًا بهما، ولا يوجد الفيروس فى هيفات الفطر الناقل، وقد أظهرت الدراسة باستخدام الميكروسكوب الإليكترونى على الجراثيم الهدبية حيث يلتصق بها الفيروس جزئيًا كما فى الفيروسTNV، وبلا شك فالخطوات الأخرى فى عملية النقل تتضمن حركة الفيروس خلال برتوبلاست الجراثيم الهدبية أثناء أو بعد تحوصلها، ثم تتحرر بعد إصابة بروتوبلاست الجراثيم الهدبية لخلية العائل.

كما وجد أن فطر **Olpidium spp.** يساعد فى نقل فيروسين هما Big-vein of lettuce وTobacco necrosis وغيرهما، وهذا الفطر من مجموعة الفطريات الأولية، وهى تكون داخل خلايا جذور العائل – وخصوصًا القريبة من القشرة – أكياسًا جرثومية Zoosporangia، وهذه يخرج منها إلى التربة جراثيم zoospores عن طريق أنابيب، تصل إلى خارج انسجة العائل. ثم تقوم هذه الجراثيم ذات الهدب الواحد فى الماء المحيط بالجذور، ثم تصيب خلية جذرية بعد سحب الهدب، ثم تكون كيسًا جرثوميًا داخل الخلية. ومن غير المعروف حتى الآن إذا كان هذا الفطر يساعد على دخول الفيروس عن طريق الجرح الذى يحدثه، أم أنه يحمل الفيروس بداخله. ولكن هناك نتائج تجربة قد تلقى ضوءًا على هذا السؤال، بأن إضافة مصل مضاد لفيروس نيكرزيس الدخان Tobacco necrosis إلى معلق هذا الفيروس خمسة دقائق، قبل إضافة معلق الجراثيم إلى خليط الفيروس والمصل المضاد له.. لا تحدث أى إصابة للنباتات. وبالعكس.. فإن إضافة المصل بعد خمس دقائق من إضافة الجراثيم إلى معلق الفيروس، فإن الإصابة تحدث مما يجعل احتمال نفاذ الفيروس إلى داخل الجرثومة أمرًا محتملاً جدًا، بناء على رأى Teakle and Gold سنة ١٩٦٣.

٣ – الانتقال عن طريق التربة بواسطة طرق غير معروفة:

وهذه تنقسم إلى قسمين:

أ – مجموعة الفيروسات التى يعتقد أن هناك كائنات دقيقة (كالفطريات) فى التربة تساعد على اصابة النباتات بالفيروس، مثل فيروسات تبرقش القمح الأصفر والتخطيط الأصفر للقصب Sugar cane chlorotic streak، وكذلك الموزايك الأصفر للشعير Barley

. yellow mosaic

ب – مجموعةالفيروسات التى يعتقد أنه لا لزوم لوجود ما يساعد على الإصابة بالفيروس مثل فيروس تبرقش الدخان، وعلى العموم فإنه يعتقد أن هذا الفيروس لا يحدث الإصابة للجذور، بل تحدث الإصابة خلال جروح على الساق، وتصلها العدوى من مياه الرى المحملة بالفيروس الموجود بالتربة.

الفيروس والتربة: Virus Ecology

أ – مدة بقاء الفيروس فى التربة:

تعتمد مدة بقاء الفيروس فى التربة على علاقة الفيروس، وكذا الكائن الذى نقله (فى حالة وجود كائن ينقل الفيروس)، وذلك بالعوائل المنزرعة، وكذلك علاقة الفيروس بالكائن الناقل له. وعلى العموم يمكن القول أن **معظم الفيروسات التى تنتقل عن طريق التربة تبقى مدة طويلة فى التربة الموجودة بها للأسباب التالية:**

١ – معظم الفيروسات التى تنتقل بواسطة النيماتودا، وكذا النيماتودا الذى ينقلها لها عوائل كثيرة، ومن ضمنها الحشائش؛ مما يعطى للفيروس وكذا النيماتودا الفرصة للبقاء فى التربة مدة طويلة جداً.

٢ – يمكن للنيماتودا أن تبقى مدة طويلة فى التربة غير المزروعة، وقد أمكن حفظ النيماتودا مدة عامين فى تربة رطبة داخل كيس بلاستيك.

٣ – يبقى الفيروس مدة طويلة داخل النيماتودا، وقد وجد أن فيروس Grapevine fan leaf يبقى على الأقل ٤ شهور داخل *X. index*.

٤ – ومما يساعد على بقاء التربة حاملة للفيروس مدداً طويلة، هو انتقال بعض الفيروسات عن طريق البذور وبقاء هذه البذور وإنباتها فى التربة نفسها، ووجود مصدر للفيروس فى التربة، كذلك فإن بعض جذورالنباتات الخشبية تبقى حية مدداً طويلة، قد تصل إلى سنتين فى حالة العنب، وذلك بعد تقليع النباتات.

٥ – يمكن للنيماتودا مواجهة الظروف الطبيعية القاسية مثل الجفاف أو البرودة التى تحدث

غالبًا فى الطبقات السطحية للتربة بأن تهاجر إلى الطبقات السفلية حيث تعيش، ثم ترجع ثانية إلى الطبقات السطحية عند انتهاء الظروف غير المواتية.

أما فى حالة الفطر *Olpidium*.. فإن طور الراحة Resting sporangia تكون غالبًا حاملة لفيروس Big-vein of lettuce، وهذا الطور يمكنه أن يبقى فى حالة حية عدة سنوات، وبذلك فإن الفيروس يمكنه أن يصيب الخس بعد عدة سنوات عن طريق هذا الفطر.

ب - توزيع وانتشار الأمراض الفيروسية فى الحقل:

عند دخول أحد الفيروسات التى تنتقل بواسطة التربة إلى الحقل لأول مرة (إما عن طريق البذور أو الدرنات الحاملة للفيروس أو مع الشتلات) فإن توزيع الفيروس وانتشاره يكون غالبًا محددًا فى مناطق متفرقة صغيرة، ثم ينتشر توزيعه على مدى السنين. **وهناك عدة عوامل تؤثر على توزيع انتشار تلك الفيروسات:**

١ - بعض الأمراض الفيروسية التى تنتقل بواسطة فطر مثل Big-vein of lettuce أو الفيروسات، التى يحتمل أن تنتقل بواسطة كائنات دقيقة مثل فيروس تبرقش القمح أو فيروس التخطيط الأصفر فى القصب، فإن هذه الفيروسات تنتشر بسرعة جدًا فى الحقول ذات التربة الثقيلة، والتى بها نسبة عالية من الرطوبة، ويرجع ذلك غالبًا إلى زيادة نشاط الفطريات الناقلة للفيروس. أما بالنسبة للفيروسات التى تنتقل بواسطة النيماتودا، فإنها تنتشر غالبًا فى الأراضى الخفيفة؛ حيث تنشط وتتكاثر معظم النيماتودا بسرعة فائقة.

٢ - توزيع النيماتودا فى الأعماق المختلفة للتربة، وهذا العامل يؤثر خصوصًا عند مقاومة النيماتودا بتبخير التربة، فمن المعروف أن أكبر عدد للنيماتودا لا يكون فى الـ ١٠ سم السطحية للتربة، بل يكون غالبًا على عمق ١٥-٢٠ سم من سطح التربة، وتختلف أعداد النيماتودا فى الأعماق المختلفة، ولكن غالبًا تتواجد بعض الأفراد على عمق ١٠٠ سم، وقد تتواجد على عمق ٣٠٠ سم مع *X.index*.

٣ - انتقال بعض التربة من مكان لآخر أثناء العمليات الزراعية أو بالريح، وكذا تحرك الماء

الأرضى يساعد على انتشار الكائنات الناقلة للفيروس، والفيروس من مكان لآخر فى الحقل. كذلك يساعد استخدام أدوات زراعية عليها تربة ملوثة بالكائنات الحاملة للفيروس فى أرض نظيفة منها على انتشار تلك الفيروسات.

٤ ـ موافقة الظروف الطبيعية للتربة على تكاثر الكائنات الحاملة أو الناقلة للفيروس، التى تلوث التربة لأول مرة قد تجعل الإصابة تنتشر بشكل وبائى خلال عدة سنوات.

٥ – بعض النيماتودا الناقلة للفيروسات مثل *T.teres & T.christiei* تتوالد بكرياً Parthenogenetically، ولكن بعض الأنواع يلزمها تواجد ذكور وإناث للتكاثر، ولذلك فإن الأنواع التى تتوالد بكريا تزداد فى العدد بسرعة، وبالتالى تظهر الإصابة بالفيروسات، وتنتشر بسرعة خلال عدة سنوات فى الحقول النظيفة، عند إدخال بعض أفراد من هذه الأنواع وتلويث التربة بها لأول مرة.

٦- الانتقال بواسطة الحشرات : Transmission by insects

تعتمد معظم الفيروسات على نشاط الحشرات فى انتقالها، وأنه من الأهمية الكبرى للانتشار السريع لأى فيروس، أن تكون الظروف الجوية ملائمة للتكاثر السريع للحشرة الناقلة وملائمة كذلك لحركتها. وهناك عامل مهم للانتشار السريع للفيروسات النباتية، وهو الظروف البيئية التى ينمو تحتها النبات، حيث إن الظروف البيئية الملائمة تساعد على نمو النبات السريع، وبالتالى فإن النباتات السريعة النمو تكون لها قابلية عالية للإصابة.

وقليل من الفيروسات لا ينتقل بواسطة الحشرات مثل فيروس تبرقش الدخان وفيروس X البطاطس، وفيروس تقزم الخلفة فى القصب، فهى لا تنتقل إلا بواسطة العصارة. كذلك نجد أن معظم فيروسات الموالح لا ينتقل إلا عن طريق التطعيم، ولا ينتقل بواسطة الحشرات مثل فيروس القوباء Psorosis وفيروس تلون قلف اليوسفى Cachexia، وفيروس تنقر خشب الليمون الحلو، أما معظم الفيروسات فهى تعتمد على الحشرات لنقلها ونشرها.

والحشرات التى تنقل الأمراض الفيروسية تكون فى الغالب من ذات أجزاء الفم الثاقب الماص؛ حتى يمكنها أن تمتص عصارة النباتات، التى تحتوى على الفيروس، ثم تنقلها ثانية

إلى النباتات السليمة أثناء تغذيتها عليها. ولو أنه من غير المعروف بالضبط ماذا يحدث للفيروس داخل الحشرة، إلا أنه يعتقد أن الحشرات لاتنقل بعض الفيروس على أجزاء فمها، أو بمعنى آخر أن الفيروس يجب أن يدخل الحشرة ثم يفرز مع اللعاب ثانية.

وهناك قليل جداً من الفيروسات يمكنها أن تنتقل بواسطة حشرات ذات فم قارض، وذلك لتلوث أجزاء الفم بالفيروس أثناء تغذيتها على العائل المصاب، ثم انتقاله إلى العائل السليم، ويعتقد أن معظم الأمراض الفيروسية التى تنتقل عن طريق العصارة لا تنتقل على أجزاء فم الحشرات القارضة، وذلك يرجع غالبًا إلى أن تلك الحشرات تسبب موت الخلايا على حواف الأوراق التى تتغذى عليها الحشرات؛ مما يجعل الفيروسات لا تتمكن من الدخول إلى الأنسجة الداخلية، فنجد مثلاً أن فيروس تبرقش الدخان – وهو من الفيروسات التى يمكنها أن تتحمل الظروف بدرجة عالية – لا يمكنه أن ينتقل بواسطة هذا النوع من الحشرات، ومن الفيروسات التى تنتقل بواسطة تلك الحشرات، هو فيروس التبرقش الأصفر للفت Turnip yellow mosaie Virus، وكذلك فيرويد الدرنات المغزلية فى البطاطس Potato spindle tuber viroid، التى تنتقل بواسطة بعض خنافس الورق وبعض الجراد، وهذان الفيروسان مختلفان فى طرق انتقالهما، فنجد أن الأول لا ينتقل بواسطة الحشرات ذات الفم الثاقب الماص، أما الثانى فيمكن أن ينتقل بواسطة المن، بجانب انتقاله بواسطة الحشرات ذات الفم القارض. ومن المعروف حاليًا حوالى ٤٠٠ نوع من الحشرات تقوم بنقل أكثرمن ٢٠٠ نوع من الفيروسات المعروفة. وتعتبرحشرة المن من أهم هذه الحشرات.

والحشرات ذات اجزاء الفم الماص، والتى تنقل فيروسات النبات، هى:

١ – **المن Aphididae**: ويعتبر المن أكبر مجموعة من الحشرات، التى تنقل الفيروسات سواء من جهة عدد الفيروسات التى تنقلها، أو من جهة عدد أنواع المن الناقلة، فهذه المجموعة تنقل حوالى ١٠٠ فيروس من الفيروسات النباتية المعروفة حتى الآن. وتنقل حشرة المن *Myzus persicae* أكثر من ٧٠ فيروسًا، ومعظم الفيروسات التى تنتقل بواسطة المن تسبب أعراض موزايك، إلا أن بعض الفيروسات التى تنتقل بواسطة المن وتسبب اصفراراً مثل اصفرار بنجر السكر Sugar beet yellows والتقزم الأصفر فى البصل

. Onion yellow dwarf

٢ - **نطاطات الأوراق Leaf hoppers**: تنقل عدداً من الفيروسات النباتية مثل فيروس تجعد قمة بنجر السكر، فيروس التورم الجرحى فى البرسيم، فيروس تقزم الأرز Rice stunt. وتعتبر نطاطات الأوراق من أهم المجاميع الحشرية بعد حشرات المن فى الأهمية فى نقل فيروسات النبات فى الطبيعة، وتسبب عادة leafhopper، ونطاطات الأوراق أمراض التفاف الأوراق والإصفرار، وأن القليل من هذه الفيروسات فقط ينتقل ميكانيكياً.

٣ - **بق النبات Miridae**: وهى من الحشرات التى لم يثبت أنها تنقل الفيروسات بنشاط، ويوجد نوع ثبت نشاطه فى نقل فيروس Beet savoy، وهو *Piesma cinereum*.

٤ - **الذبابة البيضاء Aleurodidae**: ويوجد ١٤ نوعًا من الذباب الأبيض، الذى ينقل أكثر من ٢٠ فيروساً، مثل: فيروس تجعد ورق القطن فى السودان Cotton leaf curl، وفيروس تجعد ورق الدخان، وفيروس تجعد الأوراق الأصفر فى الطماطم.

٥ - **الحشرات القشرية والبق الدقيقى Coccoidae**: ومن المعروف حتى الآن أن البق الدقيقى mealy bugs هو الذى يقوم بنقل الأمراض الفيروسية من هذه المجموعة من الحشرات؛ فهى تنقل الساق المتضخم فى الكاكاو Cocoa Swollen shoot بواسطة الحشرة *Planocides njalensis*.

٦ - **التربس Thysanoptera**: وهو ينقل فيروسًا واحداً وهو فيروس الذبول المبقع فى الطماطم.

٧ - **الحشرات ذات الفم القارض Orthoptera**: والتى تنقل بعض حشرات هذه المجموعة CMV، كما أن بعض أنواع جراد الحشائش Grass hoppers ينقل فيروس التبرقش الأصفر للفت Turnip yellow mosaic، وكذا فيرويد الدرنة المغزلية فى البطاطس Potato spindle tuber، وفيروس X فى البطاطس.

٨ - **الخنافس Coleoptera**: وهى تنقل بعض الفيروسات، مثل: فيروس موزايك اللوبيا وموزايك الفاصوليا وموزايك الكوسة وموزايك الفجل، وتلون بذور الفول.

أهمية حشرات الذباب الأبيض فى نقل فيروسات النبات:

توجد الأمراض التى تنقلها حشرات الذباب الأبيض أساسًا فى البلدان الاستوائية وشبه الاستوائية وأيضًا فى البلدان المعتدلة. وأصبحت الأمراض التى ينقلها الذباب الأبيض ذات أهمية على محاصيل البقوليات والطماطم والقطن والشطة فى مناطق مختلفة من العالم.

وهناك ثلاثة أنواع من الذباب الأبيض، وهى:

Bemisia tabaci, Trialeurodes vaporariorum and T.abutilonia. معروفة بنقلها للفيروسات النباتية. ولقد وضع كوستا (١٩٧٦) Costa **الأمراض التى تنقلها حشرات الذباب الأبيض فى مجموعات، هى:**

أ - الموزايك.

ب - تجعد الأوراق.

جـ - أنواع الاصفرار.

وتسبب الأمراض الفيروسية التى تنقلها الذباب الأبيض خسارة جسيمة لكثير من المحاصيل حيث تتراوح الخسارة من ١٠-٩٥٪، كما فى الهند، عندما يوجد فيروس تجعد أوراق الطماطم. ينتقل الفيروس بالتطعيم والذبابة البيضاء *B.tabaci* ويشتمل المدى العائلى له عوائل كبيرة، منها: الدخان - البطاطس - الداتورا - الدخان البرى - الباميا. وبعض هذه الفيروسات أمكن نقلها أيضًا ميكانيكيًا.

يعتبر الذباب الأبيض من الناقلات المهمة جدًا للفيروسات التى تسبب أمراضًا مهمة على المحاصيل الاقتصادية، التى تزرع فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية مثل البقوليات والقطن والكسافا والدخان والطماطم؛ حيث تنقل فيروسات مرض تجعد أوراق الدخان To-bacco leaf curl، وغيره من الأمراض المذكورة فى الجدول (٨ - ٤). وتدل التجارب التى

أجراها فارما Varma بأن الحشرة الواحدة من *B.tabaci* قد تحمل وتنقل فيروسين مختلفين عن بعضهما فى آن واحد . ويعتقد بأن هذه الحشرات غالبًا ما تحتفظ بقدرتها على نقل الفيروسات طوال فترة حياتها . وقد تكون الإناث أكثر كفاءة بكثير من الذكور فى نقل الفيروسات . كل من الحشرات والحوريات تتمكن من أخذ الفيروسات من النبات المصاب، ونقلها إلى النبات السليم .وتدل المعلومات المتوفرة عن مسببات الأمراض، التى تنتقل بواسطة الذباب الأبيض أن هذه الحشرات تحتاج إلى فترة تغذية بين ٥٠-٢٤٠ دقيقة لأخذ المسببات من النبات المصاب، وتحتاج إلى فترة كامنة تتراوح بين ٤-٨ ساعات لتصبح قادرة على نقل الفيروس . كما تحتاج لفترة تغذية ١٠-١٢٠ دقيقة لنقل المسبب المرضى . ومن ذلك يستدل بأن طبيعة العلاقة بين الذباب الأبيض والفيروسات التى تقوم بنقلها، هى أقرب ما تكون إلى الفيروسات التى تمر من قناة الهضم إلى الدمcirculative virus، أو الفيروسات الباقية Persistent بالنسبة للفيروسات التى تنقل بواسطة المن والقفازات .

جدول (٨ – ٤) : فيروسات النبات التى تنتقل بواسطة الذباب الأبيض.

الفيروس	الناقل
أولاً : أمراض الموزايك الأصفر :	**Yellow mosaic diseases**
١– الموزايك الاصفر فى الاكاليفا (Acalypha indica)	*Bemisia tabaci*
٢– الموزايك الاصفر فى الخطمية (Althaca rosea)	*B. tabaci*
٣– الموزايك الاصفرفى الجوت (Corchorus triloculars)	*R. tabaci*
٤– الموزايك الأصفر فى اللبلاب (Dolichos lablab)	*B. tabaci*
٥– الموزايك الاصفر فى الأوفوربيا	*B. tabaci race sidae*
٦– الموزايك الاصفر فى الورد	*B. tabaci*
٧– الموزايك الاصفر فى الفاصوليا	*B. tabaci*
٨– الموزايك الاصفر فى اللوبيا	*B. tabaci*
٩– الموزايك الاصفر فى الطماطم	*B. tabaci*
ثانيًا : أمراض موزايك العرق الأصفر :	**Yellow vein mosaic virus**
١– موزايك العرق الاصفر فى القرع	*Bemisia tabaci*
٢– الاصفرار الشبكى فى الدخان	*B. tabaci*
٣– الاصفرار الشبكى فى الزينيا	*B. tabaci*
٤– اصفرار العرق الشبكى فى نبات التوت (Mulberry)	*Bemisia spp.:*
ثالثًا : أمراض تجعد الأوراق :	**Leuf curl**
١– تجعد أوراق الشطة (Chilli)	*B. tabaci*
٢– تجعد أوراق الباباظ (Papaya)	*B. tabaci*
٣– تجعد أوراق القطن	*B. gossypiperda*
٤– تجعد أوراق التيل	*B. tabaci*
٥– تجعد أوراق الطماطم	*B. tabaci*
٦– تجعد أوراق الدخان.	*B. tuberculatai, Trialeurodes natalensis* *Aleuvotrachelus socialis*
٧– تجعد أوراق البطاطس	*B. tuborculata, A. socialls*
٨– تجعد أوراق الجورانيم	*B. tabaci*

obeikandl.com

أهمية حشرات الخنافس فى نقل الفيروسات :

Transmission of viruses through beetles

تنتقل أغلب الفيروسات النباتية بواسطة الحشرات ذات الفم الثاقب الماص، ولكن ينتقل القليل عن طريق الحشرات ذات الفم القارض.

وحديثًا سجل Cockbain (١٩٧١) أن أربعة من السوس weavils تتضمن نوعين من Apion ، ونوعين من Sitona تعتبر النواقل الأساسية لفيروس تلون بذور الفولBroad bean stain virus (BBSV) ، وقد كانت أنواع Apion هى الأكثر كفاءة بدرجة كبيرة.

والجدول (٨ – ٥) : يبين بعض الفيروسات النباتية التى تنتقل بواسطة الخنافس.

الفيروس	الناقل
تلون بذور الفول (BBSV)	*Apion vorax, A. arthops.*
تلون بذور الفول (BBSV)	*Sitona Iineatus, S. hispidulus.*
الموزايك الأصفر فى اللف (TYMV)	*Phaedon ecochleriae.*
الدرنة المغزلية فى البطاطس (فايرويد)	*Liptinotarsa decemlineata.*
موزايك الفجل	*Phyllotrata spp.*
موزايك الباذنجان	*Epithrix fuscula.*
التبقع الحلقى فى الدخان	*Epithrix parvula, E. cucumeris*
موزايك الكوسة	*Diabrotica undecimpunctata*
موزايك الكوسة	*Acalyma vittatum*
موزايك اللوبيا	*Ceratonma trifurcata*
موزايك الفاصوليا	*Ceratonma trifurcata*

وقد وجد بأن نقل الفيروسات عن طريق الخنافس ليس إلا عملية ميكانيكية تحدث بالتصاق الفيروسات على فكوك الحشرات المذكورة، أثناء تغذيتها على النباتات المصابة، ثم تنقل إلى النباتات السليمة أثناء تغذية الحشرات على أنسجتها؛ فمثلاً وجد بأن الجراد

obeikandl.com

الكبير الحجم *Melanophus existientialis* يحمل فيروس موزايك الدخان(TMV) على فكوكه، بعد تغذيته على نباتات مصابة، وينقلها إلى النباتات السليمة التى يتغذى عليها، والتى تكون حساسة (قابلة للإصابة) بالفيروس المذكور.

غير أن التعميم بأن جميع الحشرات القارضة تنقل الفيروسات بصورة ميكانيكية بحتة قد لا ينطبق على جميع الفيروسات التى تنتقل بواسطة الحشرات القارضة.. إذ لابد من إضافة شرط عدم وجود غدد اللعاب (Salivary glands) فى الحشرات القارضة، التى تقوم بنقل الفيروس؛ حيث إنه قد وجد بأن للإفرازات اللعابية دوراً مهمًّا فى عملية نقل الفيروسات بواسطة الحشرات. وتعليل ذلك هو أن الحشرات التى لا تمتلك غدداً لعابية تتقيأ Regurgitate بعض محتويات الجزء الأعلى من القناة الهضمية Foregut، والتى تتضمن بعض أجزاء النبات المصاب، وتعيد مضغه لتسهيل عملية الهضم، وأثناء هذه العملية يحدث تلامس بعض القطع من أجزاء النبات المصاب فى فم الحشرة، وأنسجة أوراق النبات السليم الذى تتغذى عليها الحشرة، وتحدث العدوى. بينما الحشرات التى تمتلك غدد لعاب لا تقوم بتقيؤ ومضغ أنسجة النبات التى تم ابتلاعها، ولذلك لا تحدث الملامسة المباشرة بين الأنسجة المصابة (داخل فم الحشرة) والأنسجة السليمة للنبات، بالإضافة إلى وجود بعض المواد المثبطة Inhibitors فى الإفرازات اللعابية بالنسبة لبعض الفيروسات. ولذلك نرى أن فيروس موزايك اللفت الأصفر Turnip yellow mosaic virus لا ينتقل بواسطة Caterpil-lar، رغم كونها من الحشرات القارضة؛ لأنها تمتلك غدداً لعابية، وعليه فإنها لا تتقيأ غذاءها لتقوم بإعادة مضغه.

ومن المعروف بأن الخنافس أو يرقاتها التى تنقل الفيروسات لها قدرتها على إصابة النباتات لبضعة أيام، دون الحاجة إلى تغذيتها مرة أخرى على نباتات حاملة للفيروس، ويعتقد بأن هذه المدة هى فترة بقاء الأنسجة المصابة فى الجزء الأعلى من القناة الهضمية للحشرة، وأن بعد الانتهاء من هضم هذه الأنسجة، لابد من تغذية الحشرة على نبات مصاب لاستعادة قدرتها على نقل الفيروس.

علاقة الفيروس بالحشرة الناقلة له :

أهم علاقة بين الفيروس والحشرة هى علاقة المدة التى تلزم للحشرة للتغذية على العائل المصاب؛ حتى يمكنها أن تكون حاملة للفيروس، وقادرة على إحداث العدوى، وكذلك المدة التى تبقى فيها الحشرة قادرة على إحداث العدوى للعائل. فنجد أن بعض الحشرات يمكنها أن تلتقط الفيروس من العائل فى مدة تغذية قصيرة، ولكنها تتطلب مدة طويلة؛ حتى يمكنها أن تصبح قادرة على عدوى النباتات، وغالبًا تبقى لمدة طويلة حاملة للفيروس، وبالعكس نجد أن بعض الحشرات يمكنها أن تنقل الفيروس مباشرة بعد التغذية على العائل المصاب، وغالبًا تفقد القدرة على عدوى النباتات بعد عدة ساعات من مغادرتها العائل المصاب بالفيروس، وكذلك لا تنقل المرض إلا لنبات واحد، ثم تفقد القدرة لإحداث العدوى فى النباتات التالية.

وهذه العلاقة يحملها الفيروس نفسه وليس الحشرات، فنجد أن فيروسًا ما إما أن يكون من النوع الأول أو تلتقطه الحشرات فى مدة تغذية قصيرة، ويتطلب مدة طويلة داخل الحشرة بعد تغذيتها على العائل المصاب. وهذه الصفة تبقى ملازمة للفيروس حتى باختلاف أصناف الحشرات التى تنقله. وبالعكس نجد أن حشرة ما يمكنها أن تنقل فيروسين مختلفين أحدهما من النوع الأول، والآخر من النوع الثانى، وبذلك نجد أن الحشرة الناقلة ليس لها أى دخل فى هذا التقسيم.

وقد اعتقد أن النوع الأول من الفيروسات يجب أن يبقى داخل جسم الحشرة بعض الوقت، قبل أن تتمكن الحشرة من نقله لوجود علاقة بينه وبين الحشرة حتى تكاثره داخل الحشرة، كذلك اقترح أن النوع الثانى من الفيروسات ينتقل بطريقة ميكانيكية بحتة على أجزاء فم الحشرة؛ أى إنه لا يدخل جسم الحشرة.

وقد قام Watson & Roberts سنة ١٩٣٣ بتسمية المجموعة الأولى من الفيروسات بالفيروسات الباقية .Persistant V، أما المجموعة الثانية فقد أطلق عليها فيروسات غير باقية، وقد اعتمد فى هذه التسمية بأن قاما بتقسيم الفيروسات بالنسبة للمدة التى تبقى فيها الحشرة حاملة للفيروس، فإذا أصبحت الحشرة قادرة على نقل الفيروس لمدة طويلة، قد تصل

إلى طول حياتها فإنها تكون من المجموعة الأولى، أما إذا فقدت القدرة على نقل الفيروس بعد تغذيتها على العائل بمدة بسيطة تقدر بالساعات.. فإنها توضع فى المجموعة الثانية. وبذلك نجد أن هذا التقسيم اعتمد على مدة احتفاظ الفيروس فى حالة إمكان إحداث العدوى به، ولم يدخل فى الاعتبار مدة التغذية على العائل، أو المدة التى تمضى قبل أن تتمكن الحشرة من نقل الفيروس، وكذلك مدى إمكانها إحداث العدوى فى نباتات متتالية؛ حيث إن هذه الخواص يمكن تغييرها بتغيير طرق تغذية الحشرة على العوائل، فمثلاً نجد أن بعض الفيروسات التى كان متفقًا عليه من أنه من النوع غير الباقى (أى أن الحشرة التى تنقله يمكنها إحداث العدوى للعائل بعد مغادرة النبات المصاب مباشرة، ولا يمكنها أن تصيب إلا نباتًا واحدًا فقط، ثم تفقد قدرتها على عدوى النبات التالى) يمكن زيادة عدد النباتات، التى يمكنها أن تصيبها بتقصير المدة التى تتغذى فيها الحشرة على العائل السليم، وبذلك يمكن للحشرة أن تحدث العدوى فى عدة نباتات.

وعلى هذا نجد أن تقسيم الفيروسات إلى فيروسات باقية وغير باقية يعتمد على الوقت، وقد ظهر من هذا التقسيم مجموعة من الفيروسات، التى يمكن أن تعتبر ما بين باقية وغير باقية؛ مما جعل Watson سنة ١٩٦٠ يعمد إلى تقسيم الفيروسات إلى قسمين: فيروسات خارجية؛ أى التى تنتقل ميكانيكيًا على أجزاء فم الحشرة وفيروسات داخلية، أى الفيروسات التى ندخل جسم الحشرة وتمر فيه إلى الغدد اللعابية، ومنها إلى النبات. ولكن قام Kennedy **et al** سنة ١٩٦٢ بتغيير هذين الاسمين إلى Stylet-borne Viruses أى الفيروسات التى تحمل على اجزاء الفم، وذلك بالنسبة للفيروسات الخارجية.

أما بالنسبة للفيروسات الداخلية فقد أطلق عليها Circulative viruses أى الفيروسات التى تمر داخل الحشرة، دون أن تتكاثر داخل الحشرة، أما إذا ثبت أنها تتكاثر داخل الحشرة فإنه يطلق عليها Propagative viruses، وعلى ذلك نجد أن التقسيم الجديد يعتمد اعتمادًا كليًا على علاقة ثابتة بين الفيروس والحشرة، وليس على الوقت كما كان التقسيم القديم.

أولاً: الفيروسات التى تحمل على أجزاء الفم أو الفيروسات الخارجية:

تحمل بعض الفيروسات على اجزاء فم الحشرة من النبات المصاب إلى النبات السليم

وتصيبه ميكانيكيًّا، كما يحدث بالتلقيح بالعصير، بدليل أن الوقت الذى يمر من وقت تغذية الحشرة على النبات المصاب ثم النبات السليم، قد يصل إلى ثوانٍ أو دقائق قليلة، ومع ذلك تحدث العدوى، ومثل هذا الوقت القصير يدل على أنه لا توجد فترة كافية للفيروس لأن يدخل إلى داخل الحشرة ويمر فيها، ثم يمكن إفرازه مع اللعاب خلال هذه الفترة القصيرة، وعلى هذا الأساس أطلق على هذه المجموعة من الفيروسات «الفيروسات التى تحمل على أجزاء الفم الخارجية».

وهذه الطريقة التى يحدث فيها تلقيح النبات ميكانيكيًّا بواسطة أجزاء الفم الملوثة بالفيروس تثير كثيراً من علامات الاستفهام عن علاقة الفيروس بأجزاء فم الحشرة التى يمكنها فى بعض الأحوال أن تنقله، وفى البعض الآخر لا يمكنها، ويرد فى التالى بعض الاستفهامات:

١ – لماذا يوجد تخصص للفيروس بالنسبة للحشرة التى تنقله؛ أى إن بعض أنواع الحشرات من جنس معين يمكنها أن تنقل فيروساً ما، ومع ذلك لا تنقله أنواع أخرى من الحشرات من الجنس نفسه.

٢ – فى بعض الفيروسات نجد أنها تنتقل بواسطة عدة أنواع من المن، إلا أن بعضها له قدرة عالية فى إحداث العدوى عن البعض الآخر.

٣ – يمكن لحشرة ما أن تنقل بعض سلالات أحد الفيروسات، ولكن لا يمكنها أن تنقل السلالة الأخرى من هذا الفيروس، كما يحدث مع سلالات فيروس فى البطاطس؛ حيث إن بعضها ينتقل بواسطة حشرة المن *Myzus persicae*، والبعض الآخر لا ينتقل بواسطة تلك الحشرة.

٤ – إذا كانت الفيروسات تنتقل بواسطة الحشرات بطريقة ميكانيكية بحتة، فإنه كان يجب أن تنتقل فيروسات مثل فيروس تبرقش الدخان وفيروس X فى البطاطس بواسطة الحشرات. وهذا ما لا يحدث، مع أن هذين الفيروسين من الفيروسات السهلة الانتقال بواسطة التلقيح بالعصارة وبالطرق الميكانيكية الأخرى مثل تلامس الأوراق.

وعلى ذلك نجد أن مثل هذه الاستفهامات تزيد الموضوع تعقيداً مما يجعلنا – للإجابة عن مثل هذه الاستفهامات – نضع فى الحسبان العائل الذى ينتقل منه الفيروس، والعائل الذى ينتقل إليه، وما دخل العائل فى نجاح عملية الانتقال بواسطة الحشرات فمثلاً نجد أن فيروس تبرقش الدخان لا ينتقل من دخان إلى دخان بواسطة الحشرات، ولكن يمكنه أن ينتقل من طماطم إلى طماطم. كذلك يجب أن يوضع فى الحسبان الصفات المورفولوجية والتشريحية والفسيولوجية لأجزاء فم الحشرة وصفات اللعاب، وكيفية إفرازه أثناء عملية التغذية، أو بمعنى آخر العوامل التى لها علاقة مباشرة على نجاح التقاط الفيروس على أجزاء الفم من العائل المصاب، وإمكان نجاح العدوى بترك أجزاء الفم للفيروس فى أنسجة النبات السليم فى حالة نشطة وتوصيلها للبؤرة، التى يمكن أن يحدث عندها تكاثر الفيروس وحدوث العدوى.

وتتميز مجموعة الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيًا على أجزاء فم الحشرة بالتالى:

١ – من الخواص المعروفة عن مجموعة الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيًا على أجزاء فم الحشرة (واتسون سنة ١٩٣٨) أنه بتجويع الحشرة قبل التغذية على العائل المصاب مدة ساعة، يزيدمن قدرة الحشرة فى نقل الفيروس. وهذه النظرية القديمة قد ثبت أخيراً عدم صحتها فإنه لو تركت الحشرة لتتغذى بهدوء دون حدوث أى اضطرابات خارجية تجعل محاولة التغذية متقطعة، فإنه لايوجد فارق فى قدرة نقل الفيروس بواسطة الحشرة، سواء عرضت لفترة تجويع أم لم تعرض.

٢ – كلما نقصت مدة تغذية الحشرة على العائل المصاب، زادت قدرتهاعلى إحداث العدوى.

٣ – كلما نقصت فترة تغذية الحشرة الحاملة للفيرس على العائل، زاد عدد النباتات التى يمكن للحشرة أن تصيبها.

٤ – معظم هذه الفيروسات تنتقل بالمن.

ثانياً: الفيروسات التى تمر داخل الحشرة أو الفيروسات الداخلية:

كما ذكر من قبل، تتميز معظم الفيروسات التى تنتقل بواسطة حشرة المن بأن الحشرة يمكنها أن تلتقط الفيروس، وتنقله فى خلال ثوانٍ أو دقائق قليلة من التغذية على العائل المصاب ثم السليم، ولكن الحشرة تفقد بسرعة قدرتها على نقل الفيروس بعد ذلك، إلا إذا تغذت ثانية على عائل مصاب، ويعنى ذلك أن الفيروس يحمل على أجزاء الفم. أما المجموعة الثانية وهى الفيروسات التى تمر داخل الحشرة أو الفيروسات الداخلية، فإنها تتميز بمرور فترة من الوقت تقدر بالساعات أو الأيام ما بين التغذية على العائل المصاب، وإمكان نقل الحشرة للفيرس، كما تتميز بأن الحشرة لا تبقى قادرة على نقل الفيروس عدة أيام أو مدة أطول بعد تركها للعائل المصاب بالفيروس.

ويطلق على هذه المجموعة من الفيروسات التى تمر داخل الحشرة – وإذا ثبت من دراسة أحد هذه الفيروسات ما يدل على أنها تتكاثر داخل الحشرة الناقلة لها – فإنه يطلق على هذا الفيروس أو الفيروسات التى تتكاثر داخل الحشرة Propagative viruses، وبذلك نجد أن تغيير تسمية الفيروسات وعلاقتها بالحشرة، تأخذ الآن طريقًا واضحًا على أساس علاقات ثابتة ما بين الفيروس والحشرة وليس على الزمن الذى تبقى فيه الحشرة حاملة للفيروس، كما كان يطلق عليها من قبل، وهى الفيروسات غير الباقية Non-persistent viruses فى الحشرة (الفيروسات الخارجية) والفيروسات الباقية فى الحشرة Persistent viruses (الفيروسات الداخلية).

أ – مرور وتكاثر الفيروسات داخل الحشرة:

من الأمثلة الواضحة لمرور أحد الفيروسات داخل الحشرة وعدم تكاثرها فيها، هو فيروس تجعد أوراق بنجر السكر Sugar beet curly top، الذى ينقله نطاط الورق *Circulifer tenellus*، فقد افترض Freitag سنة ١٩٣٦ أنه لو كان هذا الفيروس يتكاثر داخل الحشرة الناقلة له، فإن الحشرة يجب أن تحمل الفيروس طول حياتها، كما أن مدة تغذية الحشرة على النبات المصاب يجب ألا تتدخل فى عدد النباتات، التى يمكن أن تصاب، فعدد النباتات التى يحدث لها العدوى يجب أن يكون متساويًا، سواء تغذت الحشرة على العائل المصاب

لمدة بسيطة أم لمدة طويلة.

وقد دلت نتائج تجاربه على أن هذا الفيروس لا يتكاثر داخل الحشرة، فقد وجد أن هناك تناقصًا فى نسبة النباتات التى تصاب بالفيروس، وذلك عند نقل الحشرة الحاملة للفيروس يوميًا إلى نباتات سليمة لمدة ٣٠ يومًا. كذلك وجد أن بإطالة مدة تغذية الحشرة على المصدر المصاب.. فإن الحشرة تبقى مدة أطول حاملة للفيروس، كذلك وجد أن إبقاء الحشرة الحاملة للفيروس على نبات منيع للفيروس مثل الذرة السكرية، ثم اختبار الحشرة كل عشرة أيام بتغذيتها على نباتات بنجر، فإن نسبة النقل تتناقص، فبعد العشرة أيام الأولى تنقص نسبة نقل الفيروس إلى ٥٠٪، وبعد ١٩ يومًا تنقص نسبة الانتقال إلى ١ر٣٪.

وقد توصل Bennett and Wallace سنة ١٩٣٨ إلى النتيجة نفسها من أن هذا الفيروس لا يتكاثر داخل الحشرة، ولكن النتائج التى وجدها Maramorosch سنة ١٩٥٥ تلقى ضوءاً أن هناك احتمالاً بأن هذا الفيروس يتكاثر داخل الحشرة، فقد وجد أن بحقن افراد من حشرة *C.tenellus* بفيروس تجعد أوراق البنجر مخفف بدرجات مختلفة، فإن فترة الحضانة تكون أقصر فى التخفيفات العالية، وذلك فى فردين من خمسة أفراد، عنها من التخفيفات المنخفضة، وذلك فى فردين من ستة أفراد، ولو أنه وجد أنه عند نقل أفراد كلتا المجموعتين المحقونة بتخفيف عالٍ أو بتخفيف منخفض يوميًا إلى نباتات سليمة، فإن مجموعة الأفراد المحقونة بتخفيف منخفض تحدث عدوى بنسبة أعلى من تلك المحقونة بتخفيف عالٍ.

وقد اقترح Kunkel سنة ١٩٢٦ أن اصفرار الاستر Aster yellows يتكاثر داخل نطاط الورق *Macrosteles divisus* الناقل له، على أساس أن هذا المسبب له فترة حضانة داخل الحشرة، تقدر بحوالى ٩ أيام، كما أن الحشرة تبقى حاملة للمسبب طول عمرها. وقد قام بمحاولة إثبات احتمال حدوث تكاثر المسبب (ميكوبلازما) داخل الحشرة بأن قام بوضع أفراد من هذه الحشرة حاملة للمسبب على حرارة ٣٥°م لمدة مختلفة، ثم إرجاعها ثانية إلى درجة ٢٤°م، فوجد أن الأفراد لا تستطيع نقل المرض فوراً عند رجوعها إلى ٢٤°م، بل تقضى فترة قبل إمكانها أن تصيب نباتات سليمة، أما إذا عرضت على درجات أعلى من ٣٥°م، فإنها تفقد قدرتها على إحداث العدوى عند رجوعها إلى درجة ٢٥°م. وهذه النتيجة تدل

على أن تعريض الأفراد لدرجة ٣٥م يجعل الحشرة تفقد جزءاً كبيراً من الميكوبلازما الذى بداخلها، بحيث لا يمكن أن تحدث العدوى، ولكن برجوع الحشرة إلى درجة ٢٤م، فإن المسبب يتكاثر داخل الحشرة ويمكن للحشرة أن تحدث العدوى، وتصبح حاملة للمسبب. أما بتعريض الحشرة لأكثر من ٣٥م فإن المسبب (الميكوبلازما) ينتهى تماماً من الحشرة.

ولقد كانت هذه إحدى الطرق التى أمكن بها إثبات أن الفيروس يتكاثر فعلاً داخل الحشرة الناقلة له. وقد استخدم Black سنة ١٩٤١ طريقة مختلفة لإثبات تكاثر الفيروس داخل الحشرة، وذلك بأن قام بتغذية مجموعة من نطاط الورق على نباتات إستر، مصابة لمدة يوم واحد، ثم نقلها إلى نباتات استر، واستمر فى نقلها؛ حتى لا تلتقط مصدراً جديداً من الفيروس، وفى خلال ذلك فإنه كان يأخذ ٥٠ فرداً من الحشرة فى ثانى ورابع وثامن واليوم الثانى عشر واليوم السادس عشر، بعد التغذية على النبات المصاب، ويقوم بطحن تلك الأفراد فى محلول فسيولوجى، وتخفيفه تخفيفات مختلفة، ثم تحقن كمية بسيطة من كل تخفيف فى ١٢٠ فرداً من نطاط الورق، الذى لم يتغذ أبداً على نباتات مصابة، ثم تؤخذ الأفراد المحقونة، وتوضع على نبات منيع ضد «فيرس» اصفرار الاستر مثل الشوفان، وتترك لمدة ٣ أسابيع، وبعد ذلك تقسم الأفراد التى ما زالت حية فى كل مجموعة إلى مجموعات من ٥ أفراد، وتغذى على نبات استر واحد سليم لمدة أسبوع، ثم على نبات آخر لمدة اسبوعين. وقد وجد أن قدرة الحشرات المحقونة على «نقل الفيروس» تتزايد بتزايد الفترة التى بقى بها الفيروس فى الأفراد الأولى وهى ٢، ٤، ٨، ١٢، ١٦ يوماً، كما أن التخفيف لم يكن له تأثير ملحوظ مما يدل على أن تركيز «الفيروس» يتزايد فى الحشرة أو بمعنى آخر يتكاثر.

وقد اتبع Maramorosch سنة ١٩٥٢ طريقة حقن الحشرة السليمة بمعلق من ناتج طحن حشرة حاملة لمسبب اصفرار الاستر. وعند حساب تخفيف الفيروس، نجد أنه يخفف ١٠٠٠٠ مرة بعد كل حقنة. وقد قام بحقن مجموعة من ٢٠٠ فرد من نطاط الورق، وأبقاها ٣٠ يوماً على نباتات شوفان منيعة ضد هذا الفيروس، ثم نقلها لمدة يومين على نباتات استر سليمة لتقدير نسبة الانتقال، ثم طحن أفراد من هذه المجموعة وحقنها فى أفراد نظيفة من

الفيروس وتكرار تغذيتها على نباتات شوفان، ثم اختبار قدرتها للعدوى، ثم طحن أفراد من هذه المجموعة وحقن الناتج فى مجموعة ثالثة وهكذا. وقد كرر ذلك ١٠ مرات؛ أى إنه قام بتخفيف الفيروس ١٠ X ١٠ ^{٤} أى ١٠ ^{٤٠}، وقد وجد أن قدرة الحشرات للنقل لم تتأثر وهذا لا يحدث إلا إذا كان الفيروس يتكاثر فعلاً فى الحشرة.

ب - انتقال الفيروس إلى اجيال الحشرة:

لوحظ فى اليابان فى أوائل القرن العشرين أن فيروس تقزم الأرز Rice Stunt ينتقل عن طريق بيض الحشرة الناقلة له نطاط الورق *Nephotetix apicalis*، وقد أمكن سنة ١٩٣٣ و١٩٣٥ و١٩٤٠ إثبات ذلك، فبتربية أنثى وذكر من هذه الحشرة حاملين للفيروس لستة أجيال، دون أن تتغذى على عائل لهذا الفيروس؛ حتى لا تلتقط مصدراً جديداً للفيروس فإن أفراد الجيل السادس أثبتت أنه مازال حاملاً للفيروس. وقد قدر التخفيف الذى أجرى للفيروس بمروره فى الستة أجيال بنسبة لا تقل عن ١ : ٥٦٣٠٠٠، كذلك تمكن Fukuschi سنة ١٩٥٠ من إثبات أن فيروس Clover club leaf Virus يمكن أن يحمل فى ٢١ جيلاً من أجيال نطاط الورق *Agalliopsis novella*، وذلك بانتقال الفيروس عن طريق بيض تلك الحشرة، مع أن جميع أفراد تلك الأجيال لم تتغذ على نباتات مصابة.

جـ - أسباب إخفاق الفيروسات فى أن تسبب العدوى بواسطة الحقن أو التلقيح بالعصارة، مع أنها تنتقل بواسطة الحشرات:

معظم الفيروسات التى تمر داخل الحشرة يصعب نقلها بواسطة الحقن بالعصير، ومن غير المعروف حتى الآن سبب إخفاق كثير من الفيروسات فى أن تصيب العدوى بواسطة التلقيح بالعصارة أو بالطرق الميكانيكية مع أنها تنتقل بواسطة الحشرات. **وهناك عدة نظريات تحاول توضيح هذه الظاهرة، ومنها:**

١ - قد يكون تركيز الفيروس فى عصارة فى العائل منخفضاً جداً، حتى أنه لا يمكنه إحداث أى عدوى بالعصير المستخلص، فى حين أن الحشرة الناقلة لهذا الفيروس قد تقوم بتركيزه أثناء التغذية على العصير.

٢ – من المحتمل أن الفيروس يجب أن يدخل خلايا معينة داخل أنسجة النباتات، لا يمكن إيصاله لها بواسطة تلقيح النبات بالعصير، ولكن يمكن للحشرة أن تؤدى ذلك أثناء تغذيتها على العائل. ومن الملاحظ أن معظم الحشرات تتغذى فى منطقة اللحاء، وقد وجد فعلاً أن بعض الفيروسات تكون مركزة فى أنسجة اللحاء، مثل فيروس تجعد قمة بنجر السكر، أما الأنسجة الأخرى فيكون تركيز الفيروس منخفضاً بها، وهذا قد يرجع إلى وجود مواد توقف نشاط الفيروس (Bennett سنة ١٩٣٥) كذلك وجد Storey سنة ١٩٣٨ أن الحشرة الناقلة لفيرس تخطيط الذرة Maize streak virus يمكنها أن تلتقط الفيروس من الخلايا البرانشيمية، ولكن إذاوضعت الحشرة الحاملة للفيروس على ورقة نبات ذرة سليم، بحيث لا يمكن لأجزاء فم الحشرات أن تصل لأنسجة اللحاء، فإن النبات لا يصاب بالفيروس مهما طالت مدة تغذية الحشرة عليه.

وقد يكون ذلك راجعًا إلى أن الفيروس يمكنه أن يتكاثر داخل الخلايا البرانشيمية لنبات الذرة، إذا انتقل إليهما عن طريق خلايا أخرى، ولكن لا يمكن للفيروس أن يتكاثر داخل هذه الخلايا البرانشيمية لانخفاض تركيز الفيروس الذى تفرزه الحشرة.

٣ – قد يكون لسرعة انتقال الفيروسات داخل الأنسجة دخل كبير فى أن بعض الفيروسات التى تنتقل بواسطة الحشرات تخفق فى إحداث العدوى، عند استخدام العصير. فمن المعروف أن بعض الفيروسات التى تنتقل بواسطة الحشرات، تنتقل داخل الأنسجة من مكان حدوث العدوى بسرعة أكبر من الفيروسات، التى تلقح بالعصير. فقد وجد Severin سنة ١٩٢٤ أن فيروس تجعد قمة بنجر السكر، يمكن الكشف عنه على بعد ٣٦ سم من مكان إحداث العدوى بحشرة نطاط الورق *Eutettix tenellus*، وكذلك ٢٠ سم فى فيروس تخطيط الذرة، وذلك بعد ساعة واحدة من حدوث العدوى، وبالعكس نجد أن الفيروسات التى تلقح لها الأوراق بواسطة العصير لا تترك أنسجة الورقة، إلا بعد ٤–٥ أيام. وقد يكون بطء انتقال الفيروس فى خلايا الورقة الملقحة بالعصير هو السبب فى عدم حدوث العدوى؛ حيث إن تلقيح الأوراق بالعصير ومسحوق الصنفرة يسبب جروحًا كبيرة فى الخلايا، قد تكون سببًا فى موت الخلايا،

وبالتالى عدم إمكان الفيروس من التكاثر بداخلها، أو عدم إمكانه الانتقال إلى خلايا سليمة لبطئه فى الانتقال. هذا بعكس ما يحدث فى حالة تغذية الحشرات فى خلايا اللحاء أو خلايا الخشب، فلو أن الجروح التى تسببها الحشرة للخلايا قد تسبب موتها، إلا أن مثل تلك الخلايا يوجد بها نشاط فسيولوجى كبير لانتقال الأغذية بداخلها؛ مما يجعل الفيروس ينتقل من الخلية المجروحة قبل أن تموت إلى خلايا أخرى سليمة.

٤ – أن الفيروسات التى تنتقل بواسطة الحشرات تتوقف عن النشاط، ولا يمكنها إحداث العدوى إذا استخلص العصيرمن النبات؛ أى إنها تبقى نشطة ما دامت داخل أنسجة النبات غير المجروحة – وكذلك عندما تكون داخل الحشرة الناقلة لها. وقد تكون هذه النظرية صحيحة مع بعض الفيروسات، ولكن نجد أن Storey سنة ١٩٣٣ قد أثبت خطأ تلك النظرية مع فيروس تخطيط الذرة؛ حيث قام باستخلاص عصير نبات ذرة مصاب بالفيروس، ثم قام بحقنه فى نطاط الورق ***Cicadulina mbila***، وأمكن للحشرة أن تعدى نبات ذرة سليمًا، مع أنه لم يمكن إحداث العدوى بتلقيح الأوراق بالعصير.

وقد توصل Bennett سنة ١٩٣٥ إلى النتيجة نفسها مع فيروس تجعد قمة بنجر السكر؛ حيث إنه بتغذية نطاط الورق الذى ينقل هذا الفيروس على محلول سكرى من مستخلص نباتات مصابة، أو محلول سكرى من مستخلص الحشرات الحاملة للفيروس، فإن الحشرات تحدث العدوى عندما تتغذى على نباتات بنجر سكر سليمة. وعلى العموم فقد وجد أن هذا الفيروس من الفيروسات الثابته Stable فهى تبقى ٢٨ يومًا فى حالة نشطة على درجة حرارة الحجرة ونقطة توقف نشاطها بالحرارة هو ٧٥°م، ويمكن لهذا الفيروس كذلك أن يبقى نشطًا لمدة ساعتين فى كحول ٩٠٪.

وهذه النتائج التى توصلوا إليها تدل على أن الكمية اللازمة من الفيروس لإحداث العدوى تكون بسيطة جداً، وقد اقترح أن مثل هذه الكمية لا يمكنها أن تحدث عدوى بتمريرها على الأوراق.

٥ – عند استخلاص عصير النبات المصاب بالفيروس، وذلك بطحن أنسجة النبات، فإن

الفيروس قد يلتصق أو يتحد مع مركبات تجعله غير قابل لإحداث العدوى عند تمرير العصيرعلى سطح أوراق العائل، ولكن عندما تتغذى الحشرة على عصارة النبات.. فإنها تستخلص وتفصل الفيروس من تلك المواد اللاصق بها، أو تفصله عن المواد التى توقف نشاطه.

د - الطريق الذى تسلكه الفيروسات داخل الحشرة:

الطريق الذى تسلكه الفيروسات داخل الحشرات التى تنقلها (من ذوات الفم الثاقب الماص) هو أنها عندما تصل إلى المعدة فإنها تنفذ خلال جدارها إلى الدم، ومنها إلى الغدد اللعابية حيث تختلط باللعاب، ثم تمر مع اللعاب إلى أنسجة العائل، عندما تتغذى عليه الحشرة. وقد تمكن Storey سنة ١٩٣٢ من إثبات ذلك أثناء ملاحظاته أن نطاط الورق ***Cicodulina mbila*** الذى ينقل فيروس تخطيط الذرة، له سلالة لا يمكنها أن تنقل هذا المرض. وقد وجد أن الفيروس يوجد فى معدة ودم السلالة الناقلة للمرض ولكن الفيروس لايوجد إلا فى المعدة فقط فى السلالة التى تنقل المرض. ولقد تمكن من تحويل السلالة الأخيرة إلى حالة تتمكن منها أن تنقل المرض، وذلك بعمل ثقب فى معدة تلك السلالة قبل التغذية، أو بعد التغذية مباشرة على العائل المصاب.

ويعتقد أن الدم هو المخزن الرئيسى للفيروس داخل الحشرة؛ حيث ينتقل ببطء إلى الغدد اللعابية، حيث يختلط باللعاب، فقد وجد Storey فى الكشف عن فيروس تخطيط الذرة فى الغدد اللعابية لنطاط الورق الذى ينقله.

كذلك وجد Bennett and Wallace سنة ١٩٣٨ أن تركيز فيروس تجعد قمة بنجر السكر فى الغدد اللعابية لنطاط الورق ***Circulifer tennelus*** أقل بكثير من تركيزه فى الأنسجة الأخرى.

ومن الدلائل التى تدل على أن الغدد اللعابية ليست المخزن الطبيعى للفيروس داخل جسم الحشرة، هو أنه لو قمنا بتغذية حشرة حاملة للفيروس على عدة نباتات سليمة بالتوالى بحيث تبقى على كل نبات مدة معينة.. فإننا نجد أن بعض تلك النباتات لاتصاب

بالفيروس. ويزيد احتمال الإصابة كلما زادت المدة التى تقضيها الحشرة على النبات، ويرجع هذا غالبًا إلى أن الفيروس تنتهى كميته من الغدد اللعابية بسرعة، مع عدم مرور فيروسات بطريقة منتظمة من الدم إلى الغدد، وبذلك تبقى الغدد بعض الوقت خالية من الفيروس، وفى هذه الحالة لا تحدث عدوى للنباتات. وبزيادة مدة تغذية الحشرة على النباتات فإن احتمال مرور الفيروس من الدم إلى اللعاب يزداد، وبذلك يزداد احتمال انتقال الفيروس إلى العائل وحدوث العدوى.

وغالبًا ما يمر معظم جزئيات الفيروس من جدران المعدة إلى الدم، فقد وجد أن قليلاً جداً من الفيروس يمر مع البراز.

ومن العلاقات الغريبة بين أحد الفيروسات والحشرة الناقلة له هو ما يحدث مع فيروس الذبول المبقع فى الطماطم Tomato spotted wilt virus (TSWV)، الذى ينتقل بواسطة التربس *Thrips tabaci*، وهنا نجد أن الحورية والحشرة الكاملة يمكنها نقل الفيروس، ولكن نجد أن الحشرة الكاملة لكى تكون ناقلة للفيروس، يجب أن تكون قد تغذت على العائل المصاب أثناء كونها حورية، وليس بعد أن تكون حشرة كاملة، ولو أنه لا يوجد أى اختلاف بينها فى طريقة التغذية، إلا أنه قد يكون هذا الاختلاف ناتجًا عن عدم نفاذية معدة الحشرة الكاملة للفيروس، مما يؤدى إلى خروجه مع البراز.

وحتى الآن لا تعرف كيفية انتقال الفيروس من المعدة إلى الدم، وكيف أنه ينفذ من أغشية نصف منفذة لم يلاحظ فيها جروح أو ثقوب. وعلى العموم نجد أن كثيراً من الحشرات تلتقط فيروسات مختلفة من عوائل مصابة بها، ولكن هذه الحشرات لا تنقل تلك الفيروسات لأنها تمر إلى الخارج مع البراز دون أن تمر إلى الدم، وهذا قد يرجع لعدم نفاذية معدة تلك الحشرات لهذه الفيروسات، إلا أنه قد وجد أنه بحقن بعض تلك الحشرات بفيروسات لا تنقلها فى دمها، أو بعمل ثقوب فى معدة تلك الحشرات بعد تغذيتها على فيروس لا تنقله هذه الحشرات، فإن تلك العمليات لا تحولها إلى حشرات ناقلة لتلك الفيروسات.

وفى هذه المجموعة من الفيروسات التى تمر داخل الحشرة، نجد أن هناك فيروسًا ينتقل بواسطة حشرة الخنفساء *Phaedon ecochleariae*، وهنا يعتقد أن المدة التى تلزمها الحشرة ليمكنها إحداث العدوى، تختلف فى مسببها عن الفيروسات التى تنتقل بواسطة حشرات ذات فم ثاقب ماص، والتى تمر داخل جسم الحشرة، ففى حالة فيروس التبرقش الأصفر للفت، فإن الفيروس يدخل مع الأغذية الممضوغة إلى المعدة، ثم يخرج ثانية عندما تستفرغ الحشرة أثناء التغذية فتحدث العدوى.

فترة بقاء الفيروس داخل الحشرة لإمكان حدوث العدوى: Latent period

وهذه الفترة هى أهم خاصية من خواص الفيروسات الباقية؛ حيث يجب أن تمر على الحشرة فترة معينة بعد التغذية على نبات مصاب؛ حتى يمكنها أن تنقل الفيروس، وهذه الفترة تتراوح ما بين ساعة إلى أكثر من أسبوعين حسب الفيروسات.

ومن غير المعروف لزوم هذه الفترة للفيروس؛ لكى تتمكن الحشرة من إصابة العائل، إلا أن هناك عدة نظريات، منها:

١ – أن هذه الفترة تلزم للفيروس؛ لكى تتغير قدرته فى إحداث العدوى، أى إنه يجب أن تمر ببعض التغييرات داخل جسم الحشرة؛ حتى يمكنه إحداث العدوى لعائل آخر، إلا بعد أن يمر داخل الحشرة الناقلة له، فتحدث له التغيرات المختلفة، التى تسبب قدرته على إحداث العدوى من جراء هذه التغيرات. وهذه النظرية من النظريات التى تقدم بها البعض لتوضيح سبب عدم إمكان بعض الفيروسات أن تنتقل بواسطة التلقيح بالعصير، مع أنها تنتقل بواسطة الحشرات.

إلا أن Storey أخفق فى إحداث العدوى لنباتات الذرة لفيروس تخطيط الذرة، وذلك باستخدام مستخلص نطاطات حاملة لهذا الفيروس، بعد طحنها كمصدر لعدوى تلك النباتات، مع أنه أمكنه أن يحول حشرة نظيفة من هذا الفيروس إلى حشرة ناقلة له يحقنها بهذا المستخلص. وهذه التجربة لا تدل قطعًا على أن التغيير فى قدرة

الفيروس على إحداث العدوى لاتحدث فى جسم الحشرة فقد يحدث ذلك، ولكن الفيروس لم يتمكن من إحداث العدوى بالطرق الميكانيكية لأحد الأسباب التى ذكرت من قبل.

٢ – أن هذه الفترة هى المدة التى يأخذها الفيروس للمرور داخل جسم الحشرة من وقت تغذية الحشرة على العائل المصاب إلى أن يفرز بواسطة الحشرة.

٣ – أن الحشرة تلتقط كمية بسيطة جداً من الفيروس أثناء تغذيتها على العائل المصاب؛ حتى أن هذه الكمية لا يمكنها إحداث العدوى؛ لذا يتكاثر الفيروس داخل جسم الحشرة إلى أن يصل إلى التركيز الذى يمكنه إحداث العدوى عنده، وبذا تمضى فترة قبل أن تتمكن الحشرة من إحداث العدوى.

سابعًا: انتقال الفيروسات بواسطة بعض أنواع الحلم والعناكب:

Transmission of plant viruses by mites

هناك مجموعة من الحلم (الأكاروس) والعناكب Eriophyidae تعرف بقدرتها على نقل بعض الفيروسات، التى تسبب أمراضًا فى النبات. يبلغ طول هذه الناقلات حوالى ٠,٢ ملم، ولها أربعة أرجل فقط، ولها خرطوم دقيق تستخدمه فى اختراق خلايا النبات، التى تتغذى عليها ويسهل اللعاب الذى تفرزه غدد اللعاب عملية غرز الخرطوم فى خلايا النبات وحركته وامتصاص المواد الغذائية.

وهذه الكائنات لها مدى عوائلى محدود من النباتات التى تتغذى عليها؛ إذ إنها تتغذى على الأوراق والبراعم والأجزاء الغضة الأخرى من النبات.

ويبين الجدول (٨ – ٥) الفيروسات التى تنتقل بواسطة الحلم والعناكب.

جدول (٨ – ٥) : الفيروسات التى تنتقل بواسطة العناكب والحلم وبعض خصائصها.

الفيروس	الناقل	النسبة ٪ للنقل بالعناكب	طرق النقل الميكانيكى
أولاً: فى النجيليات:	**Grasses**		
١– فيروس التخطيط الموزايكى فى القمح	*Aceria tulipae*	٣٤	النقل الميكانيكى
٢– فيروس الموزايك المبقع فى القمح	*A.tulipae*	٦٥	—
٣– فيروس موزايك الشليم	*Abacarus hystrix*	٣٠	ميكانيكى
٤– فيروس موزايك الأجروبايرون	*A.hystrix*	أقل من ١٪	ميكانيكى
ثانيًا: فى النباتات المعمرة:	**Woody perennial**		
١– فيروس ارتداد النبق الأسود	*Phytoptus ribis*	< ١٪	بالتطعيم
٢– فيروس موزايك التين	*Aceria ficus*	٧٠٪	بالتطعيم
٣– فيروس موزايك الخوخ	*Eriophyses insidiosus*	٢٫٥٪	بالتطعيم
٤– فيروس عقم الحمام	*Aceria cajanus*	أقل من ١٠٪	بالتطعيم
٥– فيروس تورد الورد	*Phyllocoptes fructiphilus*	أقل من ١٠٪	بالتطعيم

ثامنًا: نقل الفيروسات فى حبوب اللقاح:

Pollen transmision of plant viruses

ينتقل عديد من فيروسات النبات من نبات مصاب إلى نباتات سليمة بواسطة حبوب اللقاح Pollen grains حيث تحمل حبوب اللقاح من النبات المصاب بواسطة الحشرات أو الرياح إلى ازهار النباتات السليمة.

وفى تجارب على مرض موزايك الفاصوليا العادى الفيروسى Common bean mosaic وجد بأنه لدى إخصاب إزهار نباتات فاصوليا سليمة بحبوب لقاح من نبات مصاب، كانت البذور المصابة ٢٥٪ كما نتجت النسبة نفسها، عندما أخذت حبوب اللقاح من نبات سليم واستخدمت لإخصاب أزهار فى نباتات مصابة.

ويعتقد بأن انتقال الفيروسات عن طريق حبوب اللقاح يتم بواسطة الجاميطات الذكرية، التى تتحرك داخل أنبوبة اللقاح التى تخترق الكيس الجنينى، وتتحدد إحدى الجاميطات الذكرية مع خلية البيضة مكونة الجنين، وتتحد الأخرى مع النواة القطبية Pollar nuclei مكونة الإندوسبرم.

هذا.. وقد سبق مناقشة انتقال الفيروسات النباتية وإصابة البادرات عن طريق الفيروس المحمول خارج الجنين أو انتقال الفيروسات التى تحمل فى الجنين والعوامل التى تؤثر فى ذلك عند دراسة طرق انتقال الفيروسات عن طريق البذور.

الانتقال الحشرى المعقد للفيروسات ومعاونيها:

Complexes of transmission - Dependent and helper viruses

اعتمدت معظم الدراسات التى تناولت النقل الحشرى للفيروسات النباتية على دراسة الإصابة بفيروس واحد محدد حيث تعطى أهمية كبيرة بقدر الإمكان لتحضير الفيروس المسبب للمرض بصورة نقية من أجل تبسيط النتائج المتحصل عليها فى التجارب، فغالباً ما يلجأ الباحثون إلى تحضير مستخلص نقى للفيروس من الناحية الوراثية (Clonal purity) غير أنه فى الطبيعة نادراً ما يتسبب فيروس واحد بمفرده فى إحداث الإصابة، فالشائع أن هناك خليطاً من الفيروسات تتواجد فى منطقة الإصابة ووجدت أمثلة كثيرة لفيروسات مرضية وكائنات شبيهة بالفيروسات تتفاعل مع غيرها من الفيروسات بطرق متعددة قد تصل إلى حد الاعتماد على هذا التفاعل للبقاء أو لإحداث الإصابة، ويشير بعض الباحثين أن جميع الصور المحتملة لحدوث هذا التفاعل بين المعقد الفيروسى يحتمل تواجدها فى الطبيعة إلا أن أكثر الأمثلة وضوحاً هى تلك الفيروسات التى تفتقد بعض الوظائف الحيوية رغم تواجد مثل هذه الوظائف فى فيروسات أخرى ولذا فهى تعتمد عليها، وقد أشارت بعض البحوث الحديثة إلى مثل هذه الظاهرة والتى أطلق عليها الفيروسات التابعة Satellites نتيجة اعتماد بعض الفيروسات فى المعقد الفيروسى على غيرها من الفيروسات فى أداء بعض الوظائف الحيوية ويطلق على هذه الفيروسات Satellite viruses وأوضح مثال لها هو

الفيروس المسبب لنيكر وسيس الدخان، غير أنه توجد حالات أخرى لا يعتمد فيها الفيروس التابع فقط على أداء الوظائف الحيوية التى يفتقدها ولكن يتخطى ذلك ليعتمد عليه فى الانقسام وفترة الحضانة والانتقال عبر الناقل الحشرى وفى هذه الحالة تسمى الظاهرة بـ Satellite RNA molecules، كما فى حالة المعقد الفيروسى المسبب لموزيك الخيار Cucumo virus والمعقد الفيروسى المسبب لمرض الإسوداد الحلقى فى الطماطم Nepovirus فكلاهما يعتمد على فيروس آخر للتكاثر (الاستنساخ) مروراً بفترة الحضانة والمساعدة على النقل من خلال ناقل حشرى يكون ناقلاً للفيروس المستقل رغم أنه غير معروف كناقل للفيروس التابع، كما توجد حالات أخرى لظاهرة الاعتماد فى المعقد الفيروسى حيث يعتمد الفيروس التابع على الفيروسات الأخرى فقط فى الانتقال من خلال الناقل الحشرى (وليست لزيادة المقدرة على التكاثر داخل الأنسجة النباتية المصابة) بمعنى أن هذه الفيروسات التابعة تكون هى المسئولة عن إحداث المرض ولا يثبت انتقالها سواء بالحشرات أو بالنقل الميكانيكى وتعتمد فى الانتشار على فيروسات أخرى تساعدها فى الانتقال من خلال الحشرات، وهناك العديد من الأمثلة المتعارف عليها حالياً والتى تؤكد وجود تفاعل بين معقد فيروسى يتكون من فيروس تابع يعتمد فى انتقاله على الفيروس الآخر.

تباين المعقدات الفيروسية التى تضم فيروسات تابعة:

Complexes involving transmission defective varients

أ - مجموعة Potyvirus:

تتضمن تلك المجموعة فيروسات تتميز بوجود الحامل النووى بها فى جزيئات طويلة قد يصل طول الشريط إلى ٧٥٠ نانوميتر ويمكنها الانتقال ميكانيكياً عن طريق المن بوسائل الانتقال التقليدية (بدون حضانة)، وهذه الفيروسات يكون بها شريط الحامض النووى RNA فردى (ss RNA single stranded) وقد يصل الوزن الجزيئى للحامض النووى إلى ٩,٥ Kb ويوجد بها غطاء بروتينى مميز، وأول من أشار إلى وجود هذه الظاهرة فى هذه المجموعة من الفيروسات Bawden & Sheffeld (1944) and Gera et al, (1997)، الذى

تناول أحد فيروسات هذه المجموعة الغير معروف عنه الانتقال من خلال المن والمعروف بفيروس البطاطس (C) إلا أن هذا الفيروس يعتبر الآن سلالة لفيروس البطاطس (Y) بعد اكتشاف انتقاله اعتماداً على غيره من الفيروسات من خلال المن. والأكثر من ذلك أن هناك بعض الباحثين Kassanis & Govier (1971) يعتقدون أن PVY نفسه لا يمكنه الانتقال من خلال المن اعتماداً على ذاته ولكن اعتماداً على عزلات أخرى يمكنها الانتقال من خلال المن تتواجد فى المعقد الفيروسى فى الأنسجة النباتية المصابة ويعتقد أن الفيروس المساعد فى إصابات البطاطس بفيروس لا يحتوى على غطاء بروتينى.

جميع فيروسات هذه المجموعة (Potyviruses) معروف عنها أنها تحتوى على مثل هذا الغطاء البروتينى (IIc or helper component)، كما توجد بها ظاهرة القصور فى الانتقال فتعتمد على فيروسات مساعدة ومنها الفيروس المسبب لمرض الموزيك الأصفر فى الفول (BYMV) والفيروس المسبب للبثرات على أشجار البرقوق (PPV) (من نفس مجموعة الفيروسات المسببة للحصبة) حيث تشبه البثرات التى تسببها بثرات الحصبة، ومرض تآكل أوراق الدخان (TEV) ومرض الموزيك الأصفر فى الكوسة (ZYMV).

فى فيروس (PVY) يبدو أن القصور فى القدرة على الانتقال لا يرجع إلى فشله فى إنتاج البروتين ، ولكن إلى اختلافات بسيطة فى تركيب البروتين الخاص به عن تركيب الـ بروتين، وقد ثبت ذلك من الدراسات السيرولوجية، وبمقارنة تتابع الأحماض الأمينية فى بروتين الـHc المتحصل عليه من فيروسات تنتقل عن طريق المن وتنبع مجموعة الـ Potyviruses وجد أن جميعها يختلف عن التتابع فى بروتين Hc حتى PVY، وفى أمثلة أخرى تتعلق بفيروس (TEV) أو (ZYMV) فإن القصور فى عملية الانتقال من خلال المن يرجع للغطاء البروتينى للفيروس وليس إلى الـHc بروتين، وعلى العموم فقد وجد أن تتابع الأحماض الأمينية فى غالبية فيروسات هذه المجموعة تتميز بوجود تعديل فى نسبة وترتيب الأحماض الأمينية الثلاثة الأسبارجين والأنالين والجلايسين فى نهاية الغطاء البروتينى وغير موجودة فى فيروسات نفس المجموعة التى لا يمكنها الانتقال عن طريق المن وعلى عكس ذلك فبعض

فيروسات (TEV) يمكنها الانتقال عن طريق المن بعد اكتساب بروتين الـ Hc الخاص بـPVY مما يؤدى إلى الاعتقاد إلى أن التفاعل فى هذه الحالة يرجع للتفاعل بين بروتين Hc فى كلا الفيروسين.

وقد أشار عديد من الباحثين إلى قدرة بروتين الـ Hc لأحد فيروسات هذه المجموعة فى مساعدة غيرها من الفيروسات فى الانتقال عن طريق المن Lecog & Pifrat (1985).

ب - مجموعة Caulimoviruses :

يبلغ الطول هنا حوالى (50 nm) وتحتوى فيروسات هذه المجموعة على شريط مزدوج من الحامض النووى DNA (ds) حوالى 8 Kbp وجزيئات بروتين فردية.

والمعقد الفيروسى المسبب لموزيك القرنبيط CaMV يبدو أنه قابل للانتقال من خلال المن من خلال فترة حضانة (نصف باقى) وتعتمد فى ذلك على بروتين الـ Hc بنفس الطريقة التى تم ذكرها فى مجموعة Potyviruses فهذه الفيروسات معروفة أنها لا تكون جزيئات بروتين، وقد وجد أن هذا المعقد الفيروسى يمكنه الانتقال من خلال المن إذا احتوى على بروتين Hc من سلالات تنتقل بالمن ووجد أن المن يمكنه نقل هذا المعقد الفيروسى عقب تغذيته على أغشية بلازمية لأنسجة مصابة ببروتين Hc ماخوذ من سلالات يمكنها الانتقال عن طريق المن مثل PVY أو TEV بمعنى أن بروتين الـ Hc المأخوذ من PVY أو TEV هو الذى يلعب دور العامل المساعد فى انتقال CaMV من خلال المن.

ومحتوى الفيروس CaMV Hc يكون عبارة عن Kda - 18 بروتين (P18) حيث تساعد تلك البروتينات على حل الشفرة الخاصة بالجينوم الفيروسى وكل من (P18) والمساعدات النشطة تكون متعلقة مع محتويات الخلايا المتضمنة لها I.

وباختبار نوعين من المن الفير ناقل لسلالات الفيروس CaMV اتضح أن واحد منهما يكون أشكال خاصة على النبات من البروتين المعتاد والأنتيسيرم (P18) بينما الآخر يكون CM_4 - 184 لمدة أطول مقارنة بالنوع الأول. على أى حال فى الخلايا المصابة بسلالات

CaMV يتضح فيها غياب (P18) فى الخلايا المحتوية لها، وقد وجد من الأبحاث أن هناك أنواع من المن تحتوى على كميات قليلة من البروتين ORF II حيث شوهدت فى زوج فقط من السلسلة المكونة للحامض النووى مختلفة عن سلالات المن الأخرى الناقلة. هذا ويلاحظ أن أى اختلاف فى نتائج الأحماض الأمينية المتبادلة من الجليسين إلى الأرجنين يحدث فقد فى الوظائف المساعدة.

جـ - مجموعة Pea enation mosaic virus:

يبلغ الطول حوالى 28 nm وتنقل بواسطة نوع من المن متخصص فى نقلها مثل *Acyrthosiphon pisum* حيث الانتقال يتم بالنسبة للفيروسات من النوع الباقى، ومن أمثلة المعقدات الفيروسية التابعة لهذه المجموعة هذا المعقد الفيروسى المسبب لمرض PEMV فالمعروف أن هذا الفيروس لا ينتقل عن طريق المن إلا أن هناك بعض السلالات التى يمكنها الانتقال عن طريق المن.

ويختلف هذا المعقد عن المجموعتين السابقتين فى أن المن الذى يكتسب عزلات تنتقل بالمن (T) لا يمكنها نقل عزلات (NT) فالعزلات التى يمكنها الانتقال بالمن (T) تحتوى على حامض نووى فردى ونوعين من البروتين بينما العزلات التى لا يمكنها الانتقال عن طريق المن (NT) يقل الوزن الجزيئى للبروتين الموجود فيها بشكل واضح عن العزلات (T) بمعنى أن هذا المعقد الفيروسى يحتوى على نوع بروتينى يتواجد فى العزلات (T) ولا يتواجد فى العزلات (NT) ولا يعتمد إطلاقاً على البروتين كما هو الحال فى المجموعتين السابقتين.

Complexes involving related viruses with different veetor specificites:

كل الفيروسات يمكن وصفها تحت هذا العنوان التى تتبع مجموعة Luteoviruses، فالفيروسات تحت هذه المجموعة يبلغ طولها 25 nm ويمكن نقلها بواسطة المن ويمكن وضعها تحت مجموعة الفيروسات الدورية الغير تكاثرية، وكل فرد من هذه المجموعة يمكن نقله

بواحد أو عديد من أنواع المن. وهناك نوعين من الفيروسات التى تسبب أعراض الإصفرار فى نبات الشعير فهى تحتاج إلى ناقلات خاصة مثال ذلك فيروس BYDV - MAV تنتقل بواسطة *Sitobion (formerly Macrosiphum) avenae* وفيروس BYDA - RPV تنتقل بواسطة *Rhopalosiphum padi* وفى الحقيقة هذين النوعين من الفيروسات ليس لها علاقة سيرولوجية ببعضهما البعض.

ولقد وجد أن فيروس (BYDV) يمكن نقله بواسطة R. padi حيث يكون مخلوطاً مع الفيروس الآخر فى نفس النبات (نبات الشعير) حيث يحدث خلط بين هذين النوعين من الفيروسات فى الإصابة النباتية ويمكن حقنهما من خلال الهيموكول مع مستخلص النبات حيث لا ينتقل فقط فيرس RPV ولكن ينقل أيضاً MAV وفى الواقع ان فيرس MAV لا ينتقل بواسطة R. padi نتيجة تغذية الناقل المتكررة على النباتات المصابة حتى لو كان النبات محقون بكل من الفيروسين على حدة أو حتى لو كانا محقونين خليطاً مع بعضهما بصورة نقية.

وفى تجربة أخرى عند معاملة المستخلص النباتى المحتوى على الخليط الفيروسى مع الانتسيرم الخاص بـ RPV قبل الحقن أمكن نقله بواسطة المن المختص ولكن لم يمكن النقل عند تكرار التجربة السابقة فى حالة استخدام انتسيرم MAV.

ومن خلال تلك التجارب يمكن استنتاج ان خليط النباتات المصابة بـ MAV RNA يغلف الـRPV بغطاء بروتينى حتى يمكن نقله بواسطة R. padi هذه الحزمة من الحامض النووى للفيروس MAV لتكوين الغطاء البروتينى للفيرس الآخر RPV هذه العملية تعرف بـRrans - capsidaiton أو تسمى Phenotypic mixing، وهذا يعنى تغليف الحامض النووى للفيرس RPV بخليط من الغلاف البروتينى لكلا الفيروسين.

من الدراسات والملاحظات من خلال استخدام الميكروسكوب الإلكترونى لدراسة المجموعة Luteoviruses من حيث تكوين الغطاء البروتينى لوحظ ان المن A. avenae استطاع نقل الفيرس RPV بعد تغليفه بالغلاف البروتينى من قبل الفيرس الآخر MAV.

وهذا يوضح أن تخصص الناقل يعتمد أولاً على الأغلفة البروتينية التى تتكون بواسطة الفيرس.

ميكانيكية الاعتماد Mechanism of depends:

كل الفيروسات مثل كل الكائنات الراقية عبارة عن تجمع من الجينات يعتمد كل منها على الآخر ليستطيع القدرة على البقاء، فلو أن جين توقف عن العمل أو نقص فإن غياب وظيفته يمكن فى بعض الأحيان أن تكتسب عن طريق عزلة أخرى من نفس الفيرس أو عن طريق فيرس آخر، وهذه الطريقة تعرف بالتكامل Complementation.

كل الفيروسات المتداخلة النقل هى مثال طبيعى لحدوث التكامل، والفيرس الذى يقوم بالمد للوظيفة المفتقدة هو الفيرس المساعد. فعندما تكون جينات الفيرس موجودة فى أماكن مختلفة بالنسبة للمحتوى الجينى المقسم فيكون هناك فرصة لأن تنفصل هذه الجينات ويعاد التحامها على أجزاء أخرى من المحتوى الجينى، ووفقاً لهذه الاحتمالات فقد وجد بالتجريب إمكانية حدوث هذه الظاهرة على سبيل المثال فى موزيك الخيار Cucunovirus، وأيضاً فى التبقع الحلقى فى العليق Nepovirus حيث أن واحد أو أكثر من أجزاء المحتوى الجينى فى أحد هذه العزلات لها القدرة على استقبال الغطاء البروتينى من عزلة أخرى وهذه العملية أو هذا الاكتساب هو انتقال متخصص، وفى الغالب إن هذا النوع من انتقال الجينات أيضاً يحدث فى الطبيعة، وهذه ليست خطوة كبرى لهذه الظاهرة التى وجدت فى الاصابات المختلفة فى بعض Luteoviruses مثل RPV, MAV حيث إن دخول المحتوى الجينى يمكن أن يكون عن طريق الغلاف البروتينى ولهذه الأسباب فإن النقل يكون متخصص جداً من فيرس إلى آخر وهى فقط خطوة بسيطة لإيضاح وظيفة هذه العملية التى وجدت مثلاً بالـ Umbraviruses التى لا تحتوى على ناقل لما تمتلكه من جينات ولكنها تعتمد على أجزاء من RNA تستطيع أن تلتحم بالغلاف البروتينى للفيروسات التى تساعدها، عادة الـ Luteoviruses ليحدث النقل عن طريق ناقل متخصص من هذا الفيرس. وهذه الظاهرة (نقل أجزاء من كبسولة الفيرس Transcapsidation) هى أحد الطرق الأساسية فى الاعتماد

على النقل أو الانتقال.

ومن أهم الطرق التى يعتمد عليها النقل وجدت فى الفيروسات التى تحتاج إلى بروتين مساعد Hc وهى عزلات ينقصها وظائف الـ Hc فهى تستعيرها من فيروسات أخرى.

النوع الثالث من التفاعل أكثر دقة عن الطرق السابقة التى وجدت وهو وجد فيه /HLV HV6 complex التى تلتحم بنهايات القواعد البروتينية لجيناتها وميكانيكية هذه الطريقة غير معروفة ولكنها يمكن أن تعتبر نموذج خاص جداً فى التجانس بالنسبة لنهايات الأجزاء البروتينية لها. وأخيراً يوجد هناك GRP يتبعه RNA الذى يمنحه وظيفة غير معلومة لتساعد الـ GRAV الذى يعتمد على النقل عن طريق المن فى الـ GRV وهذا سجل فقط تابع من RNA يعمل فى هذا الاتجاه ولذلك فإن وجود هذا الـ RNA هو هام جداً ليتم النقل بفاعلية فى فيرس اصفرار العروق فى البنجر ولو أنه مازال غير معلوم كيفية التفاعل.

الفيروسات الممرضة للنبات التى تفضل وجود فيروسات مساعدة:

Virus groups likely to contain helper viruses

طبقاً للمعلومات المتاحة حالياً فإنه توجد أنواع معينة من الفيروسات الممرضة للنبات التى تعتمد أكثر من غيرها على وجود فيروسات مساعدة لإحداث الحالة المرضية وعلى ما يبدو فإن هذه الأنواع تنحصر فى ٣ مجاميع هى:

potyviruses, caulimoviruses and the viruses in the AYV/RTSV/MCDV.

ويلاحظ أن هذه المجاميع الثلاثة تنتج بروتين Hc، وكما سبق القول فإن مجموعة فيروسات Caulimoviruses لم يثبت حتى الآن أنها تساعد المن فى نقل الفيروسات الغير مرتبطة بهذه المجموعة فى الطبيعة، وبالرغم من ذلك فهى على ما يبدو مؤهلة تماماً للقيام بهذا الدور، وينطبق ذلك أيضاً على فيروس MCDV ويتشابه هذا الفيرس مع فيرس AYV، RTSV فى الخصائص الجزيئية وثبات العلاقة مع الناقل الحشرى إلا أن هذا الفيرس MCDV يدفع عملية تكوين ما يعرف بـ inclusion bodies فى خلايا الناقل الحشرى ولقد وجدت

جزيئات بروتين هذا الفيرس وكذلك فيرس AYV فى أماكن محددة فى أنسجة Leafhop-pers فى نطاطات الأوراق، وهذا التشابه يدعو للاعتقاد بأن الفيرس MCDV قد يكون مكوناً للبروتين Hc بالرغم من عدم وجود أى أدلة على ذلك. وتشير الدراسة إلى أن هذا الفيرس بالذات MCDV قد يكون قادراً على مساعدة نطاطات الأوراق فى نقل الفيروسات الغير قادرة على إحداث الإصابة بدون مساعدة خارجية، وتجدر الإشارة إلى أن هناك مجموعة أخرى من الفيروسات تعرف بـ Luteoviruses تحتوى على العديد من الفيروسات التى تستطيع أن تلعب دور الفيروسات المساعدة، إلا أن ميكانيكية الاعتماد فى النقل فى هذه المجموعة تنحصر فى النقل الميكانيكى العشوائى ولا توجد أسباب مقنعة لتفسير السؤال التالى لماذا لا يتم نقل الفيروسات الغير باقية، والفيروسات النصف باقية بمثل هذه الطريقة من ميكانيكية النقل، فلا توجد بحوث بهذا الخصوص سوى بحث واحد عن نقل فيرس ZYMV التابع لمجموعة Potyvirus والذى ينتج فى خليط من الفيروسات. وبهذا الخصوص يعتقد أن هناك علاقة ما بين أطول جزئيات الفيرس خاصة فى العلاقة بين فيرس HLV، HV6 فالفيروسات ذات الجزيئات الطويلة تعمل غالباً كفيروسات مساعدة للفيروسات ذات الجزيئات القصيرة.

مجاميع الفيروسات الممرضة التى تضم فيروسات غير قادرة على الانتقال الذاتى:

Virus groups likely to contain dependant viruses

يمكن القول بصفة عامة بأن مجموعة فيروسات Umpraviruses تضم عديد من فيروسات باقية ويمكنها التكاثر داخل أنسجة الناقل الحشرى Aphid borne viruses وتدخل هذه المجموعة Luteoviruses بصفة أساسية ضمن الفيروسات التى ينقلها المن ويمكن تعميم القول بأن **أى فيروسات تشابه هذه المجموعة فى الخصائص العامة لجزيئات الفيرس يمكنها أن تنتقل بالمن وتعتبر من الفيروسات المعتمدة وهذه الخصائص تنحصر فى:**

١ – عدم وجود جزيئات تشابه الفيرس فى المستخلصات النباتية لنباتات معدية ميكانيكياً.

٢ – قلة الذوبان فى المذيبات العضوية.

٣ – إمكانية تحضير جزيئات الحامض النووى RNA من أوراق مصابة بشدة.

٤ – وفرة جزيئات الحامض النووى المزدوج RNA فى الأوراق المصابة بشدة مع تشابه البروتين المفصول بطريقة الفصل الكهربى مع بروتين فيروسات هذه المجموعة.

واكتشاف معقد الفيرس HV6، HLV أدى إلى اقتراح أن أى فيروسات لا يمكنها الانتقال بطريقة مستقلة يمكن أن تتواجد فى مجاميع فيروسية أخرى خاصة تحت مجموعة ACLV وهى فيروسات غير معروف طرق النقل فيها فيما عدا الفيرس Grape vine virus والذى يصيب العنب والمعروف أنه ينتقل عن طريق الخنافس فى إسبانيا، كما ذكر العالم زابالجو جيزاوا وآخرون (عام ١٩٩٧) Zabalgogeazeoa et al، ويؤكد هذا الاعتقاد أن فيروسات ACLV تتشابه فى خصائص جزيئاتها مع فيرس HLV وأنها تنتمى إلى مجموعة GVA (التى تعتمد على طرق الفحص السيرولوجية).

وعلى ما يبدو فإن الفيروسات غير المستقلة تميل للتواجد كعزلات غير مؤثرة داخل مجموعة الفيروسات المنتجة للبروتين Hc.