الباب التاسع

وبائية فيروسات النبات

Epidemiology of Plant Viruses

وبائية فيروسات النبات

Epidemiology of Plant Viruses

لدراسة مقاومة الأمراض الفيروسية، لابد أن نتعرف العوامل العوامل التى تؤثر على بقاء الفيروس واحتفاظه بخصائصه؛ فحتى يتمكن الفيروس من البقاء لابد من توافر العوائل المناسبة التى يتكاثر فيها. وكذلك لابد أن تتوافر له وسيلة فعالة للانتقال والعدوى، وكذا لابد أن يتوافر له احتياطى مناسب من العوائل الأخرى، التى يمكن أن ينتقل منها وإليها.

كما أن العامل المحدد لوجود وانتشار فيروس معين فى مكان محدد أو حتى على مستوى العالم يأتى محصلة لمجموعة من العوامل الطبيعية والبيولوجية.

وفى هذه الحالة سندرس أهم هذه العوامل باختصار، مظهرين بوضوح أكثر الوسائل التى يؤثر أى عامل منها على العامل أو العوامل الأخرى، وبالتالى تؤثر على انتشار الفيروس وبقائه. من المعلوم أن فهم إيكولوجيا المرض الفيروسى «العوامل البيئية» فى محصول محدد، وفى مكان محدد أمر مهم، بالنسبة لاستنباط الوسائل الفعالة لمقاومة هذا الفيروس واتقاء الأضرار المتسببة عنه.

والفيروس كغيره من الطفيليات الإجبارية، فإن العوامل البيئية العامة التى يجب دراستها تنحصر أساسا فى طرق انتقال الفيروس من نبات لآخر، وكذا الطرق الأخرى التى تتمكن بها العوامل الأخرى من التأثير على انتشار الفيروسات.

وتنحصر هذه العوامل فى :

أولا : العوامل البيولوجية :

١ ـ خصائص الفيروس والنبات العائل :

أ ـ ثبات الفيروس وتركيزه فى النبات :

فى أغلب الأحوال، فإنه فى الظروف المتشابهة، فإن الفيروس الثابت يكون ثابتًا سواء كان داخل أو خارج العائل، ويصل فى أنسجة العائل إلى تركيزات عالية؛ مما يعطيه فرصة أكبر

فى البقاء والانتشار أكثر من الفيروس، الذى لا يملك مثل تلك الصفات. فمن الواضح أن بقاء الفيروس وقدرته على الانتشار تتوقف لحد كبير على درجة ثبات الفيروس وكميته أو تركيزه، الذى يصل إليه عن طريق التزايد العددى فى انسجة العائل. فعلى سبيل المثال فإن فيروس TMV يمكنه أن يحتفظ بخصائصه الحيوية لفترات طويلة فى الأنسجة الميتة أو بقايا العائل فى التربة، التى تصبح فى هذه الحالة مصدراً للعدوى للمحاصيل التالية.

ب ـ سرعة تحرك الفيروس وانتشاره فى انسجة العائل:

إن الفيروسات أو السلالات التى تتحرك ببطء من مناطق العدوى إلى أنسجة النبات الاخرى تكون فرصتها فى البقاء ضئيلة، وبالتالى تقل فرصتها فى الانتشار بعكس تلك الفيروسات، التى تتحرك بسرعة من مراكز العدوى. كما أن سرعة انتقال الفيروس من مناطق العدوى تلعب دوراً مؤثراً ومهمًا، بالنظر اليها من ناحية فترة استمرار حياة النبات العائل.

إن الفيروسات التى تصيب النباتات المعمرة، أو التى تعيش طويلاً يمكنها أن تنتشر خلال أنسجة النبات بصورة أبطأ من تلك التى تصيب المحاصيل الحولية. وبعض الفيروسات الثابتة مثل TMV الذى يتجمع فى تركيزات عالية، عندما يصيب عوائله الأساسية مصيبًا كل الأنسجة، فإن له القدرة على الانتقال بواسطة وسائل العدوى الصناعية الميكانيكية.

كما أن الفيروسات التى تصل الى البذور، وتبقى بها تملك خصائص مميزة بالنسبة لغيرها من الفيروسات فيما يتعلق بانتشارها، وكذا امتلاك القدرة على البقاء فترة طويلة.

كما أن فيروس نيكروز الدخان يتحدد انتشاره بوصوله الى المجموع الجذرى للعوائل المختلفة، وكذا يتحدد بقاؤه بوجود الفطريات الحاملة له، والتى تنقله حتى يمكن أن يصيب نباتات أخرى.

جـ ـ درجة العدوى:

إن فرص بقاء الفيروسات سريعة الانتشار فى أنسجة العائل مسببة عدوى جهازية ومؤدية إلى موت النبات، تكون أقل من تلك الفيروسات التى تسبب أمراضًا متوسطة أو شديدة، وتسمح للعائل بالنمو الخضرى والتكاثر.

ومن الممكن أنه يكون موجودا فى الحقل انتخاب طبيعى موجه ضد السلالات القاتلة للنواقل. وقد لوحظ أن الخنافس الموجودة فى غرب الولايات المتحدة تصاب فى البداية بسلالات من فيروس تجعد القمة فى بنجر السكر، التى تحدث أمراضًا خفيفة، وبالتالى تصبح الفرصة أكبر للسلالات الشديدة من ذات الفيروس وتسبب تقزمًا للنباتات، وهذا بدوره يشجع على انتشار وتكاثر الناقل. إلى جانب ذلك فإن انتشار السلالات الشديدة يشجع على الاعتقاد بأن الإصابة بالسلالات الضعيفة لا يمكن أن يحمى العائل من العدوى بالسلالات الشديدة. وتعيش الخنافس بالقرب من حقول بنجر السكر ناقله السلالات الشديدة بصورة أكبر من السلالات الضعيفة المحمولة بداخلها.

د - بقاء الفيرس وانتخاب السلالات:

إن الفيروسات ذات القابلية الكبيرة للتطفير وتكوين السلالات الجديدة تكون لها القدرة على التأقلم والتكيف مع التغيرات التى تحدث فى الوسط المحيط، وبذا يمكنها الاستجابة للوسط الجديد والبقاء والانتشار. ومحاولة إيجاد مقارنة بين الفيروسات من حيث قابليتها للتطفير أمر صعب، ولكنه من الواضح أن الفيروسات تختلف فيما بينها من حيث هذه القابلية فعلى سبيل المثال فإن فيروس التفاف أوراق البطاطس ثابت نسبيًا على أنه من الممكن أن يكون ذلك راجعًا إلى نقص فى التجارب التى أجريت على دراسة هذا الفيروس من هذه الناحية. بينما نجد أن فيروسات أخرى كثيرة مثل التبقع البرونزى فى الطماطم توجد فى الطبيعة فى صورة عدد كبير من السلالات، وتتجمع معلومات كثيرة تؤكد أنها سلالات مختلفة لهذا أو ذاك من الفيروسات. كما توجد معلومات كثيرة تؤكد أن السلالات المختلفة للفيروس يمكن أن تختلف من حيث السيادة، ومن حيث أنه يمكنها إنتاج طفرة محددة أخرى. وعلى سبيل المثال فإن السلالات الضعيفة من فيروس x البطاطس المعزولة من البطاطس، من الممكن أن تعطى بداية لسلالات تسبب التبقع الحلقى فى الدخان، ولكن لم يحدث أن لوحظت هذه الصفة فى أى من السلالات التى تسبب مظهر التبقع الحلقى المعزولة بداية من الطماطم.

كما يلاحظ أن إحدى سلالات فيروس TMV، وهى سلالة aucuba تكون مجموعة

محدودة من الطفرات تختلف فيما بينهما من حيث الأعراض التى تسببها، فى حين أن السلالة العادية لفيروس TMV يمكن أن تعطى دائرة واسعة من الطفرات من طراز مختلف تماماً.

وفى الحقل.. فإن السلالات المختلفة لفيروس TMV يمكنها أن تصيب أنواعًا وأصنافًا مختلفة من الدخان، ومن الممكن أن يكون العامل الأساسى فى ذلك، هو أن هذه أو تلك من السلالات التى تصبح سائدة فى عائل معين، تملك سرعة التحرك فى أنسجة العائل، وبالتالى فإنها تمنع الإصابة بسلالات أخرى.

وفى المناطق التى يزرع بها المحاصيل الحولية مثل الدخان على مدى عدد كبير من السنين، فمن الممكن أن تسود سلالات مميزة من الفيروس. فلقد أوضح Valloa Ganson أن فى المناطق التى يزرع بها الدخان لعدد كبير من السنين وجد أن المزارع المختلفة تسود بها سلالات مختلفة، أى سلالة متميزة لكل مزرعة من فيروس TMV. وفى المساحات الواسعة فإن العزل الجغرافى يمكن أن يؤدى إلى التفرقة أو عزل السلالات، خصوصًا إذا ما كانت الظروف المناخية مختلفة، فعلى سبيل المثال ففى البلاد التى تتمتع بصيف حار، من الممكن أن يفقد الفيروس حتى داخل الأنسجة الحية فى الظروف الطبيعية، ومثال ذلك أنه فى بعض مناطق الهند فإن درنات البطاطس التى تخزن فى المخازن العادية، من الممكن أن تشفى من فيروس التفاف الأوراق، بينما الدرنات التى تخزن فى الثلاجات تظل حاملة للفيروس، وكذا الحال بالنسبة لنباتات الشليك التى تزرع فى أمبريال فالى كاليفورنيا؛ حيث تشفى من فيروس تجعد الشليك.

وليس نادراً ما يلاحظ التغيرات الجغرافية التى تسبب سيادة إحدى سلالات فيروس ما، فقد اكتشف زوخوف وآخرون أن هناك اختلافات فى السلالات السائدة من فيروس التقزم الأصفر فى الشعير الذى وجد فى نباتات الشوفان المنزرع بولايتى ألينوى ونيويورك، وهذا الاختلاف ظهر فى الناقلات الرئيسية «المن»، ومدى ظهور الأعراض أو شدة المرض، ومع ذلك فإنه ليس هناك ما يدعو إلى الاعتقاد ان هذا الوضع غير قابل للتغيير؛ حيث أثبت زوخوف أن السلالات السائدة على الشعير فى ولاية نيويورك قد تغيرت.

كما أن العمليات الزراعية من الممكن أن تلعب دوراً ما بطريقة أو بأخرى فى انتخاب السلالات الفيروسية، التى تصبح سائدة بالنسبة لهذا أو ذاك من المحاصيل، فعلى سبيل المثال فى إحدى الولايات التى تزرع صنف البطاطس أران Arran أدت أساليب الزراعة وانتخاب هذا الصنف الى تغير سلالة فيروس X البطاطس، التى كانت تصيب هذا الصنف. مظهرة أعراض التبرقش. ولقد أدى اقتلاع النباتات التى تظهر عليها أعراض التبرقش الى سيادة السلالات الكامنة أى التى لاتظهر أعراضاً، ولكن أحيانا يظهر انتشار غير متوقع لهذه السلالات الكامنة، مظهرة أعراضاً شديدة مما يؤدى الى الاعتقاد بوجود علاقة غير ثابتة بين الفيروس والعائل.

واذا ما استخدمت سلالة عديمة الأعراض من فيروس X فى عدوى نبات بطاطس سليم، فإنه لا ينتظر ظهور أعراض فى السنة نفسها، بينما يأخذ الوضع فى السنة التالية صورة أخرى.

وفى الحالات التى تشكل فيها الحشائش المعمرة ونباتات الزينة مصدراً، تنتقل منه العدوى الفيروسية إلى أحد محاصيل الحقل الحولية، فإذا ما تغير هذا المحصول بمحصول آخر فإنه من الممكن أن يصاب بسلالات من هذا الفيروس، التى لم تكن تصيبه من قبل.

وإذا كانت العمليات الزراعية لبعض المحاصيل وغيرها من العوامل، تتم لوقت طويل فى منطقة ما دون تغير، فمن الممكن أن تنتظر أن العلاقة الثابتة بين المحصول والظروف المحيطة تؤدى إلى انتخاب السلالات، الذى يستمر حتى الوصول الى السلالة السائدة؛ أى السلالة المتأقلمة مع ظروف الوسط والمحصول .

ومن هنا نرى أن العوامل الأساسية فى ظهور السلالات هى ما يلى:

١ ـ الانتقال النشط بالحشرات أو بعوامل أخرى.

٢ ـ التزايد العددى السريع وكذا سرعة التحرك فى أنسجة العائل.

٣ ـ ظهور الأشكال المرضية الضعيفة والشديدة.

هـ - مدى المجال العوائلي:

عند دراسة توزيع الفيروسات حسب الوحدات التقسيمية للمملكة النباتية، نجد أن أقدم المجموعات النباتية وأقلها تطوراً لا تصاب إلا بعدد قليل من الفيروسات، وقد أيد ذلك عدد من البحوث، ويعتقد أن أحد أسباب ذلك أن النظائر الحية لحفريات هذه النباتات القديمة مازالت موجودة، ومن الممكن أن تكون هذه النباتات قد اكتسبت نوعًا من المناعة أو المقاومة لمختلف الكائنات الدقيقة المرضة والحشرات، وأيضا الفيروسات، وعلى سبيل المثال.. فإن شجرة Ginkgo biboba التى تنتمى إلى عاريات البذور توجد منذ ٢٠٠ مليون سنة، وتملك مقاومة عجيبة ضد الإصابة بالفطريات. وقد وجد أن العصير المستخلص من هذه الشجرة يحتوى على مواد مثبطة لنمو الفطريات، وكذا مثبطة لبعض الفيروسات، **وفيما يلى موجز لتوزيع الفيروسات على المجموعات الدنيئة من المملكة النباتية:**

أولا : الطحالب:

إلى جانب بعض الفيروسات التى تصيب الطحالب الزرقاء المخضرة لم يعرف حتى الآن فيروسات تصيب بقية هذه المجموعة من النباتات، إلا أنه فى الآونة الأخيرة، وعلى أساس الدراسات المتقدمة البيوكيميائية ودراسة التراكيب المتناهية الدقة لبعض الطحالب الزرقاء المخضرة، اثبت أن هذه الطحالب قريبة الشبه جداً بالبكتريا، أكثر من قربها لبقية أقسام الطحالب، ولذا فقد أتضح أن فيروسات الطحالب الزرقاء المخضرة تشبه البكتريوفاج من حيث أن لها رأساً سداسيًّا وذنبًا.

ثانيا: الفطريات:

لقد تمكن Hollings سنة ١٩٦٥ من أن يستخلص من فطر *Agarlcus bisporuS* مستحضراً يحتوى على جسيمات شبيهة بالفيروسات فى ثلاثة طرز، وأوضح أنه عن طريق حقن هذه الجسيمات فى الحامل الجرثومى، فإن هذه الجسيمات تسبب أمراضاً. فالفيروس رقم ١ عبارة عن جسيمات عديدة الأضلاع قطرها ٢٥ مليميكرون، بينما جسيمات الفيروس رقم ٢ تشبه رقم ١ إلا أن قطرها ٢٩ مليميكرون، أما الفيروس رقم ٣ فقد ظهر

عصويًا ٥٠X١٩ مليميكرون يشبه إلى حد كبير فيروس موزايك البرسيم. وقد استخدم المؤلف مستخلص الفطريات المربعة كلقاح، ثم دعك أوراق بعض النباتات مغطاة البذور، ومنها عوائل فيروس موزايك البرسيم، ولكن لم تظهر لدى أى منها أى مظاهر مرضية. وعند دراسته لكيفية إصابة بعض الحوامل الجرثومية للفطر المذكور، فلقد ظهر فى الأطباق التى ينمو فيها الفطر مناطق مميزة حول مراكز العدوى، وإلى جانب مراكز العدوى توجد منطقة مركزية لا ينمو بها الفطر، اللهم إلا بعض الهيفات المشوهة بينما المنطقة التى تحيط بالمنطقة المركزية تحتوى على عدد كبير من الأجسام الثمرية غير الكاملة النمو، والتى تتحلل مبكرا. والى الخارج من هذه المنطقة تبدو جميع الفطريات، كما لو كانت سليمة ويظهر المرض لدى عدد قليل منها.

وحتى الآن لم تعرف العلاقة بين هذه الطرز الثلاث من الفيروسات وإحداث المرض، ثم تمكن Hollings من ابتكار طريقة سهلة لاستخلاص الفيروس من عدد قليل من الهيفات الفطرية، مستخدمًا الموجات فوق الصوتية، وهنا أمكن استخلاص فيروس ١، وفصل الباقى إما مفردة أو مختلطة، بينما وجد الفيروس الثالث مختلطا مع الجزيئات ذات الشكل عديد الأضلاع.

وقد تمكن Klienschmidt سنة ١٩٦٢ من استخلاص مادة ما من راشح مزرعة *Penicil-lium Stdiniperum* (سلالة ATCC - 14586)، وهذه المادة لعبت دوراً مثبطًا للفيروسات التى تصيب الحيوانات أو مزارع الأنسجة، وقد أطلق على هذه المادة اسم Statalon واعتبروها من السكريات العديدة، حيث تنشط تكون الانترفيرون « مضادات الفيروس ».

إلا أن Klienschmidt و Ellis تمكنا من العثور على جزيئات شبيهة بالفيروسات من مستحضرات الـ Statalon وكذا فى ميسيليوم الفطر المذكور، واستخلصا من ذلك فكرة تتلخص فى أن الأثر المنشط لمستحضر Statalon فى تكوين انترفيرون يرجع أساسًا إلى وجود الفيروس.

ثم تمكن Banks وآخرون من الحصول على نتائج مؤكدة، حينما تحصلا على كمية كافية

من الجسيمات الفيروسية العصوية ذات المقاييس ٢٥ ـ ٣٠ ملليميكرون من مزرعة الفطر المذكور، وتوصلا الى أن كفاءة المستحضر Statalon المضاد للفيروس ترجع الى وجود RNA الفيروس، الذى يشجع تكون الأنترفيرون عند الفئران. كما أمكن عن طريق معاملة جراثيم السلالة المذكورة بالحرارة ظهور سلالة جديدة من الفطر لا تملك الفيرس.

كما توجد معلومات أخرى عن إمكانية انتقال العدوى للفطريات، التى قد تعرف فيما بعد بمزيد من الدراسات على أنها فيروسات. فعلى سبيل المثال ذكر Liydenburg سنة ١٩٥٩ ان فطر *Helminthosporium Victoriae* يصاب بمرض يمكن أن ينقل إليه ميكانيكيًا؛ فعدوى مزارع هذا الفطر النامية على الآجار لم تؤد إلى موتها، ولكن ظهر على حواف المزرعة توقف نمو الفطر، وظهر بنسيليوم هوائى، أو تحلل، وحينما وضعت على طبقة الآجار نفسها هيفات مصابة، وأخرى سليمة على بعد ١ سم بين الواحدة والأخرى، فقد لوحظ أن نمو العزلة السليمة قد تهدم بعد ساعات قليلة من الاتصال بالعزلة المصابة، وقد اعتقد وقتئذ أن هذا التأثير يرجع إلى وجود توكسين معين، ولكن عندما أخذت هيفات من العزلة التى كانت سليمة وأعيدت زراعتها، ظهرت إصابتها بالمرض مما يدل على وجود مسبب مرضى «فيروسى» وليس توكسينًا. ولاتحدث العدوى إلا عندما تتلامس الهيفات المصابة والسليمة، ولكنها لم تحدث عند غمر الهيفات السليمة فى مستخلص الهيفات المصابة.

كما تعرف حالة أيضا فى فطر الأسبيرجلس تسمى بحالة الموت الخضرى تعرف عليها Jinks سنة ١٩٥٩ فى فطر *A.glaucus* وأطلق عليها Lethal suppressive cytoplasma. فعندما يزرع هذا الفطر بطريقة hyphal tip من مزرعة قديمة، فإن كثافة النمو تقل ثم تظهر مناطق معينة على الهيفات، وعندما يتم التكاثر الجنس بين السليم والمصاب فإن جميع الناتج يكون مصابًا بهذه الظاهرة.

ثالثا: الحزازيات:

لم تعرف فيروسات تصيب الحزازيات بعد.

رابعاً : التيريديات :

لم يكتب فى ذلك سوى Hull عن أنه وجد فى منطقتين فى إنجلترا فيروساً يصيب نبات *Phyllitis Scolopendrium*، وغيره من السرخسيات .

خامساً : معراة البذور :

يعرف عدد من الفيروسات التى تصيب النباتات مغطاة البذور، يمكنها أيضاً أن تصيب معراة البذور، ففى الطبيعة يلاحظ لدى أفراد هذا القسم أمراض تشبه الأمراض الفيروسية، والتى يعتقد أن مسبباتها تنتمى الى الفيروسات، وقد أثبت Yarwood أن جذور نبات *pinus sylvestris* تصاب بالعدوى الميكانيكية الصناعية بفيروس نيكروزيس الدخان TNV، كما أن النيماتودا يمكن أن تنقل فيروسات من مجموعة الموزايك إلى نوعين من أنواع الصنوبريات، وقد وجد (Hartriso) أن نيماتودا *X.diversicadatum* يمكن أن تنقل فيروس موزايك الأرابيس إلى جذور *Chamascyparis lowsoniana*، ويبدو أن هذا الفيروس يصيب الجذور فقط، ولم يمكن عزله من الجذوع والأوراق، وفى تجارب مشابهة تمكنت نيماتودا من جنس *Longidorus*، من نقل فيروس TBRS الذى يسبب التبقع الحلقى الأسود فى الطماطم إلى جذور نباتات *Picea stichensts* .

وفيما يتعلق بانتشار فيروسات معراة البذور فى الطبيعة، فهناك كتابات عن أمراض Picea evcelsa حيث يظهر المرض على القلف، فى صورة اصفرار مخضر، أو اصفرار يميل إلى البياض، ثم يختفى فى المراحل المتأخرة، ولكن يتأخر نمو النبات، وتصبح الأشواك أكثر قصرا وتنمو دون انتظام، كما أن Bino Popovitch ذكر مرضاً يصيب *Pinus nigra*، تنحصر أعراضه فى تشوه الأوراق البرية، كما تظهر أعراض التبرقش، ويعتقد الباحثان أن هذا المرض يتسبب عن فيروس.

مما سبق يتضح دور الفيروس فى إصابة مختلف أقسام المملكة النباتية، أما هنا فيهمنا أن ندرس العوامل التى تربط بين حيوية الفيروس وانتشاره تحت الظروف الحقلية بالمدى العوائلى من بين النباتات.

ومن الواضح أن الفيروسات تختلف فيما بينها اختلافًا كبيراً من حيث المجال العوائلى الذى تصيبه. فعلى سبيل المثال فإن الفيروسات التى تصيب الشليك يكون مجالها العوائلى محدوداً بجنس Fragaria، بينما نجد أن فيروسات أخرى يمكنها أن تصيب مجالاً واسعًا من النباتات، وعلى سبيل المثال فإن فيروس التبقع البرونزى فى الطماطم يتميز باتساع مجاله العوائلى، حيث تصيب نباتات تتبع ذوات الفلقة الواحدة، وأخرى تتبع ذوات الفلقتين، ومن المعروف أن هذا الفيروس يصيب نباتات ١٦٦ نوعًا تتبع ٣٤ عائلة نباتية، ويقع الجانب الاعظم من النباتات الحساسة لهذا الفيروس فى العائلتين الصليبية والمركبة.

الفيروسات ذات المجال العوائلى الضيق تبقى لأن عوائلها فى أغلب الأحوال تكون معمرة وتتكاثر خضريا، وإن تكاثرت بالبذور، ففى الغالب فإن هذه الفيروسات تنتقل خلال البذور.

فيروس الاصفرار النيكروزى الذى يصيب خس اللاتوكا فى أستراليا يبقى فى الطبيعة على حساب عوائل، تتبع جنس Sonchus فقط، وعند زراعة خس اللاتوكا، أصبح هذا الفيروس فى السنوات الاخيرة يشكل خطراً عليه، ويعتقد Stubs أن هذا يرجع الى النقص الكبير الذى حدث فى الأرانب البرية، التى كانت تتغذى على عوائل هذا الفيروس؛ مما شجع هذه العوائل على النمو، وبالتالى أصبحت مخازن للفيروس، الذى أصبح يهدد زراعات الخس فى أستراليا.

إن المجال العوائلى الواسع يعطى للفيروس فرصاً أكبر للبقاء وللانتشار الواسع؛ حيث إن مثل هذه الفيروسات تصيب النباتات المعمرة والمحاصيل الحقلية الحولية، وبذا يمكنها أن تنتشر فى جميع أنحاء الكرة الأرضية، **وتعتبر الفيروسات التالية من الأمثلة الرئيسية على ذلك:**

١ ـ فيروس التبرقش الأصفر فى الفاصوليا ـ فيروس تبرقش الخيار حيث يعتبر الجلاديولس أكبر مخزن لهما.

٢ ـ فيروس التبقع البرونزى فى الطماطم الذى يخزن فى الداليا، أو فى جنس Georgina

التى تصاب أيضًا بفيروس تبرقش الخيار، ولكن دون ظهور أعراض.

٣ ـ فيروس تبرقش الخيار الذى يخزن فى نبات الزينة الزنبق Lily، ولكن دون أن يؤثر على العائل.

إن أغلب النيماتودا والفيروسات التى تنتقل بواستطها، يتمتعان بمجال عوائلى واسع للغاية، يضم نباتات معمرة وأخرى حولية، حتى ولو لم يوجد العائل المناسب فإنهما يبقيان على البقايا الخشبية الموجودة بالأرض، أو البقايا مما يحقق بقاءهما.

انتشار الناقلات:

من المعروف فى علم الفيروسات النباتية أن الناقلات الحشرية والفطرية، تعتبر من ناقلات الفيروس المهمة. **ومن وجهة النظر الإيكولوجية، يفضل توجيه الحديث إلى مجموعتين من هذه الناقلات، وهما:**

١ ـ ناقلات فيروسية خلال التربة « من جذور نبات مصاب الى جذور نباتات سليمة ».

٢ ـ ناقلات فيروسية خلال الوسط الهوائى.

وهنا يجب أن تتناول الدراسة انتشار الفيروسات فى مساحات واسعة، وإلى مسافات بعيدة المدى. وهنا يلعب الإنسان دورًا مهما إلى جانب نقله الميكانيكى ونشره للفيروسات فى حدود حقله.

أولا: انتشار الفيروسات خلال الوسط الهوائى:

إذا ما قيَّمنا الفيروسات النباتية، فإنه يمكن القول أن العامل الرئيسى بلا أدنى شك فى نشر الفيروسات، وبالتالى فى حفظ بقائها، هو الحشرات الماصة لعصير النباتات، وعلى وجه الخصوص حشرات المن. **وهنا طريقة نشر الفيروسات وسرعة، ومدى الانتشار يتوقف على عدة عوامل، نذكر منها ما يلى:**

١ ـ مصدر اللقاح المعدى: يمكن للجوهر المعدى أن ينتقل من خارج المزرعة أو المحصول أو من النباتات المصابة الى السليمة فى الحقل نفسه. وقد يكون مصدر تلك النباتات

المصابة هو البذرة المصابة، إذا كان المحصول يتكاثر بالبذور الحقيقية، أو عن طريق الأجزاء الخضرية إذا كان يتكاثر خضريًّا ، وإما أن يكون مصدره الحشائش وغيرها من النباتات التى قد تتواجد مع المحصول.

٢ ـ الجرعة الفعالة من اللقاح المعدى.

٣ ـ طبيعة وطريقة حياة الناقل فعلى سبيل المثال فيما يتعلق بالمن من العوامل المهمة، ما إذا كان هذا المن مجنحًا أم لا.

٤ ـ العلاقة البيولوجية بين الفيروس والناقل الحشرى، فكما سبق أن عرضنا فهو إما أن ينتقل عن طريق أجزاء الفم، أو أن يكون مارًّا أو متكاثراً داخل الحشرة.

٥ ـ الوقت الذى يصبح فيه الناقل نشطا وفعالا فى النقل، ومواءمة ذلك مع مواعيد زراعة هذا أو ذاك من المحاصيل.

٦ ـ الظروف الحيوية أو المناخية.

وفى واحد من البحوث الأولى، حيث تم تقييم علاقة انتشار الفيروس بكمية المن وأعداده، قدرت أعداد المن على النبات فى أوقات مختلفة على مدى موسم النمو الخضرى للنبات، وغالبًا ما كانت العلاقة بين أعداد المن ونسبة انتشار الفيروس غير واضحة على وجه الدقة.

إلا أن Gregory & Doncesrter سنة ١٩٤٨ توصلا إلى خلاصة مهمة، وهى أن الأهمية ترجع الى المن المجنح، والذى يهاجر متنقلاً بين النباتات فى مساحات منزرعة بمحصول معين فى بداية موسم النمو الخضرى. بينما تتوقف أعداد المن الساكن «غير المجنح» على النباتات إلى حد كبير على الظروف الجوية. والظروف الأخرى المحيطة بزراعة هذا المحصول أو ذاك. إن أعداد المن يمكن أن تتضاعف عشر مرات خلال أسبوع واحد، وحتى فى المساحات الصغيرة فإن أعداد المن عمومًا تختلف من نبات لآخر. وفى البحوث التالية توصل الباحثان الى حقيقة أن المن المهاجر فى بداية موسم النمو الخضرى من أهم العوامل فى نشر الفيروسات.

قام Broadbent & Eaicthcote سنة ١٩٦١ بزراعة درنات البطاطس السابق إنباتها فى

قصارى، ثم قاما بوضع هذه القصارى فى الحقل على مسافات محددة، وفى مواعيد محددة خلال موسم النمو الخضرى، قاما بعدوى هذه النباتات «التى فى القصارى» بفيروسات التفاف الأوراق أو بفيروس Y البطاطس، ثم قاما بدراسة أعداد المن وكميته، ثم حددا النباتات التى أصيبت خلال الحقل. ووجدا أن هذه الفيروسات انتقلت فى بداية موسم النمو الخضرى، حينما كانت أعداد المن ضئيلة، ولم يمكن الانتقال فى وسط الموسم حينما كانت أعداد المن كبيرة، ومن الممكن جمع المن المجنح المتجمع على محصول ما، ثم اختباره على عوائل أخرى، سواء من المحصول نفسه، أو من غيره لمعرفة ما إذا كانت هذه الحشرات حاملة لفيروس ما أم لا.

كما أن طبيعة انتقال «انتشار» الفيروسات تختلف من فيروس لآخر فى حدود واسعة، حتى بين تلك الفيروسات التى تصيب المحصول نفسه، والتى تنتقل بأنواع الناقلات نفسها، أو بأنواع مختلفة منها فى الحقل نفسه؛ حيث فى الموسم التالى تتضح طبيعة انتشار كل من فيروس التفاف الاوراق وY البطاطس، فإذا ما جاء الفيروس الى المزرعة من الخارج بواسطة الناقلات، فليس من الضرورى أن ينتشر من مصدر داخل الحقل نفسه. ويمكن ملاحظة أن انتشار الفيروس داخل حقل معين انتشاراً غير ملحوظ أو غير كبير. وهذا يحدث إذا تم الانتقال فى نهاية موسم النمو الخضرى، أو يرجع ذلك إلى أن الناقل سريع الهجرة أو سريع الحركة.

وعلى سبيل المثال كما سبق أن ذكرنا حيث يتضح من حقلين : أحدهما كان خالياً منذ البداية من الإصابة بفيروس Y البطاطس، وكان مصدر الإصابة على مسافة عدة مئات من الأمتار يلاحظ أن توزيع النباتات التى أصيبت فى الحقل كانت دون انتظام أى عشوائية.

وعندما وضع فى منتصف الحقل فى بداية موسم النمو نبات بطاطس واحد مصاب بفيروس التفاف الاوراق، وحتى تنتقل الإصابة من نبات لآخر فى الحقل نفسه؛ فقد لوحظ هنا أن النباتات التى أصيبت تتجمع حول مصدر الإصابة. وعلى هذا الأساس يمكن

التعرف عما إذا كانت الإصابة ذات مصدر داخلى فى الحقل أو خارجى بعيداً عنه.

وقد ابتكر Van der plank سنة ١٩٤٦ طريقة يمكن بواسطتها تحديد ما إذا كان الفيروس ينتقل من نبات مصاب فى حدود الحقل أم من خارجه . وقد أسس طريقته على أن الفيروس الوارد من خارج الحقل يكون موزعًا دون انتظام، كما سبق أن ذكرنا، ومن هنا **استنتج أن هناك احتمالات لفرصة وقوع نباتين متتاليين مصابين «أى زوج» وعبر عن ذلك بالمعادلة التالية:**

$$P = X \frac{(X-1)}{N}$$

حيث إن P = عدد الأزواج.

N = عدد النباتات المفحوصة فى خط واحد.

X = عدد الأزواج المصابة.

وفى حالة القيم الكبيرة لـ N فإن الخطأ يكون فى $\sqrt{P}$ P فإذا وجد أن عدد أزواج النباتات المصابة (ثلاثة نباتات متجاورة تعتبر زوجية) تعتبر أكبر من المتوقع، فإن من الممكن أن تعتبر أن الفيروس ينتشر داخل الحقل من مصدر داخلى فيه؛ أى من نبات مصاب داخل الحقل نفسه. ومع ذلك فليس من الضرورى إذا كان المصدر داخليًا أن تصاب النباتات المتجاورة باستمرار، إلا أنه لا يمكن استبعاد هذا الاحتمال . وفى حالة ما إذا كان الفيروس ينتقل خلال الحقل بواسطة نوعين مختلفين من الناقلات، فإن التعرف على نوع الإصابة التى تحدث فى الحقل يكون غير واضح؛ حيث إن الناقل الأول يمكن أن يصيب النباتات المتجاورة، فى حين أن الثانى يمكن أن يصيب نباتات متفرقة على مسافات بينها وبين بعضها.

وفى حالة الفيروسات التى تحمل على أجزاء فم الحشرة، تلعب الحشرات التى لا تكون مستقرة على النباتات الدور المهم، حيث يمكنها التحرك من نبات لآخر، على الرغم من أنها قد تشكل جزءاً ضئيلاً من مستعمرات المن؛ أى إن المن المجنح يمثل أفراداً قليلة من

المستعمرة.

كما أن المن المجنح له القدرة أيضًا على جلب الفيروس من الخارج، بالإضافة الى إمكان نشر الفيروس من نبات داخل الحقل نفسه؛ حيث إنها تتحرك فى حدود ظروف غذائية مناسبة. كما سبق أن ذكرنا فإن طريقة انتشار الفيروس على محصول ما فى حدود حقل ما يتوقف الى حد كبير على طبيعة حياة الناقل، وخصوصًا المن، فعلى سبيل المثال نجد أن بق الصليبيات يختلف فى طبيعة تحركه داخل المحصول عن المن اختلافًا كبيرًا، ولذا نجد أن الأولى تكون أكثر نشاطًا فى نقل الفيروس؛ لأنها تتحرك من نبات لآخر فى مسافات قصيرة، ولكنها تفعل ذلك كثيرًا أى تأهل عدد كبير من النباتات، أكثر من المن غير المجنح، ومن جانب آخر فإنها لا تصل إلى مسافات بعيدة، كما يفعل المن المجنح.

وكما نرى فإن الجانب الأكبر من العوامل التى ناقشناها يتعلق بالاختلاف فى أعداد النباتات، التى اصيبت بفيروس ما بواسطة حشرات المن. كما أن مدى ظهور الأعراض المرضية من الممكن أن يزيد وضوحها بزيادة الجرعة الفيروسية فى اللقاح المعدى، والذى يمكن أن يتحقق بواسطة تغذية عدد كبير من المن على النبات، كما أن المرض من الممكن أن يظهر أشد وضوحاً إذا ما أصيبت النباتات فى عمر مبكر.

ثانيا: الانتشار خلال التربة:

توجد ثلاث مجموعات من الفيروسات التى تنتقل عن طريق التربة:

١ ـ فيروسات لم يعرف لها ناقل.

٢ ـ فيروسات تنتقل بواسطة الفطريات.

٣ ـ فيروسات تنتقل بواسطة النيماتودا.

ومن المعروف أن فيروس تبرقش أوراق الدخان TMV يعتبر من الفيروسات، التى يمكن أن تنتقل عن طريق التربة بلا مساعدة من أى ناقل؛ حيث إن ثبات هذا الفيروس يسمح له أن يظل نشطاً فى البقايا النباتية من موسم إلى موسم الزراعة التالى، وهناك إذا كانت

الظروف مواتية فإن العدوى تحدث عند زراعة الأصناف القابلة للإصابة فى الأراضى الملوثة، وتتم العدوى عن طريق جروح دقيقة تحدث فى جذور النباتات عند زراعتها، أو من جراء العمليات الزراعية المختلفة.

وينتقل فيروس تضخم العروق فى الخس عن طريق التربة، بواسطة فطر *Olpidium*، وهو فيروس مداه العوائلى ضيق للغاية، وعلى ذلك يمكنه أن يعيش فترات طويلة فى التربة إذا لم تكن الظروف مواتية؛ حيث يظل فى الجراثيم الساكنة لهذا الفطر. كما أن هذا الفيروس له القدرة على البقاء عدة سنوات فى التربة الجافة، دون أن يصل للنبات المناسب، ومن جانب آخر فإن فيروس TNV الذى ينتقل أيضاً بواسطة فطر *Olpidium* يملك مجالا عوائليًّا واسعًا للغاية، ولكن لكى يبقى لابد له باستمرار من وجود جذور النباتات الحساسة، وكذلك الناقل حيث يحمل على سطح الجراثيم الزيجية.

ودون شك، فإن أهم مجموعات الفيروسات التى تنتقل عن طريق التربة، هى تلك المجموعة التى تنتقل بواسطة النيماتودا؛ حيث إن إيكولوجيا هذه المجموعة يختلف عن إيكولوجيا بقية المجموعات، وعن تلك التى تنتقل بواسطة المن.

إن النيماتودات تعيش طويلا ولها مجال عوائلى واسع للغاية، ويمكنها مقاومة الظروف البيئية غير المناسبة لفترات طويلة، وفى غياب العوائل المناسبة؛ فلقد وجد Harrison Hooper سنة ١٩٦٣ أن نيماتودا *Longidorus elongatus* يمكنها أن تعيش لمدة سنتين فى تربة رطبة فى غياب العائل المناسب عند درجة حرارة الغرفة، ويمكن أن يظل الفيروس فى جسم النيماتودات التى لا تتغذى لعدة أسابيع أو شهور.

ولا تملك النيماتودا أشكالاً كامنة، ولكنها لها القدرة على الهجرة إذا كانت ظروف التربة غير مناسبة، فعندما تجف الطبقة السطحية من التربة فى الصيف أو تتجمد فى الشتاء، فإن النيماتودا تهاجر الى الطبقات السفلى، وتعود الى الطبقات السطحية، إذا ما تحسنت الظروف، ويكون انتشار النيماتودا محدوداً أو بطيئًا فى التربة غير المعدة، فقد وجد Harrison & Wilson ان أعداد نيماتودا *X. diversicaudatum* تنتشر فى الأراضى سيئة

الإعداد، وخاصة المشغولة بالغابات بمعدل ٣٠ سم فى السنة، بينما تزيد سرعة النيماتودا فى الأراضى المجهزة التى تزرع، وكذلك فى الأراضى التى تروى. وقد لوحظ أن طبيعة العدوى التى تحدث عند إصابة محصول ما تتوقف إلى حد كبير على الناقل وحالة الفيروس فى التربة قبل زراعة لهذا المحصول. والرسم التالى يوضح انتشار النيماتودا وفيروس موزيك الأرابيس Arabis Mosaic.v على محصول الشليك بالنسبة لنبات *Prunus Spinosa*، الذى يعتبر مصدراً لكل من الفيروس والناقل.

١ ـ النبات الذى يعتبر مصدراً للإصابة بالفيروس والناقل.

٢ ـ أشجار العائل Prunus الحية.

A = المنطقة التى تنتشر بها النباتات المصابة.

O = الدائرة التى بها رقم تعبر عن أعداد النيماتودا فى ٢٥٠ جرام تربة، موضوعة فى ثلاث قصارى.

ويلاحظ أن المساحة التى تشغلها نباتات الشليك المصابة يتطابق مع المساحة، التى تحتوى على جذور العائل المشترك . وعند زراعة المحاصيل ذات الحولين أو المعمرة فى الحقول المصابة أصلا بالنيماتودا والحاملة للفيروس، فإن المرض يمكن أن يحدث قبل ظهور الأعراض الأولى بمدة سنة أو سنتين، أى إن الأعراض من الممكن أن تختفى لمدة عام بعد حدوث العدوى.

الانتشار إلى مسافات بعيدة المدى:

إن انتشار الفيروسات إلى مسافات بعيدة فى أغلب الأحوال يحدث بطريقة طبيعية، وقد لوحظ فى الدول الاسكندنافية انتشار وبائى لمرض اصفرار بنجر السكر Sugar beet Yellows، والذى ظهر أنه كان نتيجة لدخول المن المجنح على نطاق واسع فى يوليو سنة ١٩٥٩ القادم من القارة الأوروبية مع الرياح الجنوبية، التى تراوحت سرعتها من ٥ ـ ١٠ أمتار فى الثانية، وقد حملت هذه الحشرات معها السلالات الشائعة فى القارة من ذلك الفيروس، وسببت إصابة ١٠٠٪ من النباتات فى السويد. ومع ذلك فمازال من الصعب إثبات انتشار المرض بهذه الطريقة؛ حيث إنه من الصعب التحقق من المكان الذى هاجر منه الناقل واقتفاء

أثره، أو تحديد خط سيره، وأصعب من ذلك إثبات أن الحشرات قد نقلت معها فيروساً معيناً بالذات. وقد أثبتت الدراسات أن الفيروسات الدوارة بالحشرة، وكذلك الفيروسات الباقية بالحشرة يمكنها أن تبقى بالحشرة لفترة تكفى؛ لكى يتمكن الناقل من نقل المرض. أما الفيروسات غير الباقية فسريعاً ما تفقد من الناقل. وقد وجد أن الفيروس يظل فى الحشرة التى لم تتوقف إطلاقاً أثناء الهجرة حتى مسافة ٦٠ كم (Johansan 1967) وإلى وقت قريب، كان فيروس الأصفرار النيكروزى فى الخس Necrotic Yellows of Lettuce كان وجوده فقط فى استراليا. إلا أن «كلاوز» وجد فى نيوزيلندا مرضا على الخس يتسبب بما لا يدع مجالا للشك عن هذا الفيروس أو إحدى سلالاته، وإن كانت هذه المعلومات لم تنشر. ومن الممكن أن يكون هذا الفيروس قد حمل إلى نيوزيلندا بواسطة حشرات المن الحاملة لهذا الفيروس، التى حملتها الرياح من استراليا التى تبعد حوالى ٢٤٠٠ كم.

وقد أوضح Broadbent سنة ١٩٦٥ أن طائر Passen domesticus يصيب تقريبًا حوالى $\frac{١}{٥}$ النباتات السليمة التى تزرع فى خيمة مع نباتات الطماطم السليمة، وكذا المصابة بفيروس TMV، وهنا يثور تساؤل: هل من الممكن نقل فيروسات مثل فيروس TMV إلى مسافات بعيدة بواسطة الطيور، فى حين أن العامل الرئيسى فى انتشارها فى الحقل مازال فى حاجة الى توضيح؟

أما الفيروسات التى تنتقل خلال البذور، فمن الممكن نظريًا أن تنتقل الى مسافات بعيدة بواسطة الطيور، ومع ذلك لم يثبت حتى الآن ناقل واحد لهذه الحالة. أوضح Proctar (١٩٦٨) ان البذور تظل محتفظة بحيويتها فى حوصلة الطيور البحرية لمدة ٣٤ ساعة، وهذه المدة تكفى لنقل هذه البذور لعدة آلاف اليكلومترات. كما أن الطيور التى تتغذى فى مناطق بعيدة عن البحر، من الممكن أن تقذف بالبذور فى مناطق قريبة من السواحل البحرية، ومن ثم يمكن أن تلتقطها الطيور البحرية ثانية. ولذا فإن المؤلف يرى أن مثل هذه البذور يمكن أن تنقل بما تحمله من فيروسات من قارة لأخرى، حيث تبقى لحين توفر الظروف المناسبة، وتنشر ما بها من فيروسات إذا ما توافرت العوائل الأخرى من بين الغطاء النباتى المحلى. وفى خلال المائة سنة الأخيرة انتشرت فيروسات فى جميع أنحاء الكرة

الأرضية، بعد أن كانت محصورة فى مساحات جغرافية محدودة، ودون أدنى شك فإن الإنسان هو المسئول الأول عن ذلك؛ حيث انتقلت الفيروسات مع النبات أو الأجزاء الخضرية أو البذور. ومن الممكن فى بعض الأحيان بواسطة الناقلات الحشرية، فكثير من فيروسات البطاطس قد انتقلت مع هذا المحصول من أمريكا إلى أوروبا. كما أن فيروس موزايك الخس الذى ينتقل عن طريق البذور يلاحظ حاليا حيثما زرع هذا المحصول، كما أن حقيقة أن فيروس T M V يمكن أن يحتفظ بخصائصه فى رماد السجائر، توضح سبب الانتشار الواسع لهذا الفيروس فى جميع أنحاء المعمورة، حيثما زرع الدخان وغيره من عوائل هذا الفيروس.

إلا أن انتشار بعض الفيروسات الأخرى يتطلب توفر الظروف المناسبة لكل من الفيروس والناقل الحشرى المناسب، وكذلك يتطلب وجود العائل المناسب.

ويعتقد Raski & Hewitt (١٩٦٣) أن انتشار فيروس الورق المروحى فى العنب فى جميع أنحاء المعمورة « وناقله النيماتودى » يرجع فى المقام الأول إلى الإنسان.

وقد نشر Bennet (١٩٦٧) نتائج مجمعة تتعلق بمشاكل الانتشار الجغرافى لفيروس تجعد قمة بنجر السكر . Sugar beet curly top v حيث إن هذا الفيروس كان قد سجل سنة ١٩٠٠ فى غرب الولايات المتحدة، وفى هذه المناطق فإنه ينتشر بواسطة نطاط الأوراق *Circulifer tenellus*. وظل لوقت طويل من الزمن يلاحظ هذا المرض فى هذه المناطق، حتى ظهر اعتقاد أن هذا الفيروس محلى وينتقل بناقل محلى. ولا يوجد نظير لهذا الناقل فى نصف الكرة الغربى، إلا أن بعض الأنواع التى تتبع هذا الجنس، قد لوحظت فى حوض البحر الأبيض المتوسط. وفى سنة ١٩٥٨ لوحظ انتشار هذا المرض الواسع فى تركيا، مما دعى إلى الأعتقاد أن هذا الفيروس وناقله دخلا أول الأمر إلى بلاد البحر الأبيض المتوسط، ومن هذه البلاد وصل إلى الولايات المتحدة. وهنا يظهر تساؤل بأى الوسائل استطاع هذا الفيروس وناقله عبور هذه المسافة خصوصا بوسائل المواصلات البدائية، التى كانت معروفة سنة ١٨٩٥.

ويعتقد المؤلف أن وقت انتشار مرض الحمى الصفراء، سافر الناس إلى كاليفورنيا حاملين

معهم أبقارهم، التى كان يعتبر البنجر الغذاء الأساسى لها، ومنه انتقل المرض وناقله الى الولايات المتحدة . وهذا المثال يوضح الصعوبة فى تحديد موطن نشوء الفيروس، وخط سير انتشاره، وإحدى هذه الصعوبات ترجع إلى نقص المعلومات عن الفيروسات التى تنتشر فى جميع أنحاء الكرة الأرضية، وعلى سبيل المثال فمن الممكن أن يكون مرض تجعد قمة بنجر السكر الفيروسى قد تواجدافى تركيا منذ مئات السنين، ولكن لم يعرف بدقة إلا فى سنة ١٩٥٨.

وعلى الرغم من الحجر الزراعى الذى تتبعه معظم الدول، فإن دور الإنسان فى نقل الفيروسات من بلد لآخر مازال مستمرا حتى الآن، وعلى سبيل المثال فإن فيروس Carrot mosaic virus كان معروفًا منذ وقت طويل فى غرب الولايات المتحدة، ثم ظهر سنة ١٩٦٦ فى نيوزيلندة فى أربع مناطق متجاورة، وبعد عام ١٩٦٦ سجل المرض على جميع الزراعات فى منطقة أوكلاند، ونتيجة لنقل النباتات بواسطة التجار انتشر المرض فى مناطق أخرى حيث تزرع الخضر. وحيث إن هذا الفيروس لا ينتقل عن طريق البذور، وله مجال عوائلى ضيق للغاية ينحصر فى نباتات العائلة الخيمية، كما أنه توجد على الأقل ١٠ أنواع من المن، كانت موجودة فى نيوزيلندة من قبل.. فإننا يمكن أن نخمن كيف انتشر هذا الفيروس فى جميع أنحاء نيوزيلنده؛ حيث إنه لابد وأن يكون قد نقل مع البقايا النباتية التى غالبا ما كانت تقذف بها المراكب فى مضيق أوكلاند، والتى غالباً ما يقذف بها إلى الشاطئ بفعل الأمواج، وماتزال بصورة طازجة إلى حد ما، ومن هنا تغذت عليها الحشرات الناقلة، التى كانت موجودة من قبل فى هذه البلاد.

والفيروسات التى تنتقل الى مناطق جديدة، من الممكن أن تجد هناك ظروفاً تسمح بانتشارها الواسع.

ولقد أوضح Stubbs « ١٩٦٤ » أن فيروس التقزم المخطط فى الجزر carrot motely dwarf V. انتشر انتشاراً واسعاً فى أستراليا؛ حيث توجد كميات كبيرة من المن *Cavariella aegopodii* الذى يعتبر ناقلاً نشطاً لهذا الفيروس على عكس الحال فى كاليفورينا؛ حيث تكون الظروف غير مناسبة لهذا الناقل، فإن الفيروس ينتشر ببطء. ومن

وجهة نظر انتشار الفيروسات على مستوى العالم، فإن نيوزيلنده تعتبر مثالاً جيداً؛ حيث إنها من الناحية الجغرافية تعتبر منطقة منعزلة، كما أنها تتمتع بتنوع محصولى كبير وزراعة متقدمة، كما أن مستوطنى هذه البلاد قاموا بجلب أنواع جديدة من النباتات الغذائية إلى نيوزيلنده مثل البطاطا والقلقاس *Colocasia esculenta*. وفى غضون الـ ١٥٠ سنة الأخيرة، نقل المهاجرون الأوروبيون كميات كبيرة من محاصيل الحقل والبستان، وكذلك عدداً كبيراً من الحشائش. وقد سجل للآن فى نيوزيلندة أكثر من ٦٨ فيروساً؛ حيث تصيب المحاصيل التى دخلت حديثاً الى البلاد (نيوزيلندة)، وأغلب هذه الفيروسات تعتبر مطابقة لفيروسات موجودة فى مناطق أخرى من العالم، وعلى وجه الخصوص أوروبا وشمال أمريكا، الأمر الذى يجعل من السهل الاعتقاد أنها دخلت مع الدرنات و الأبصال وغيرها من الأجزاء النباتية، فعلى سبيل المثال من هذه الـ ٦٨ فيروساً، ١٨ فيروساً تصيب محاصيل الفاكهة التى تتكاثر خضريا، وقد سجلت أول الفيروسات فى نيوزيلندا سنة ١٩٢٩ على البطاطس.

وسائل تنمية ورعاية المحصول:

من العوامل المؤثرة على الأمراض الفيروسية طرق الزراعة والعمليات الزراعية المختلفة فى هذا أو ذاك من المحاصيل، فى هذه أو تلك من المناطق على مدى الفصول الأربعة، ومن المفروض أن العمليات الزراعية المناسبة تقلل من انتشار المرض، وهنا تتدخل عوامل كثيرة، منها:

موعد الزراعة:

وبدراسة العلاقة بين مدى إصابة المحصول بمرض فيروسى وموعد زراعة المحصول على محصول القمح الشتوى، حيث وجد أن نسبة إصابة القمح بفيروس موزيك القمح المخطط تتوقف إلى حد كبير على موعد زراعته، فإذا ما زرع القمح قبل سبتمبر، فإنه يتم تقصير جزئى لفترات النمو الخضرى الشتوى والربيعى والتى تعتبرمصادر للمرض. كما أن درجات الحرارة العالية من الممكن أن تقلل من أعداد المن، التى تعتبر ناقلات للمسببات المرضية الفيروسية، فإذا تأخرت مواعيد الزراعة حتى تنخفض درجة الحرارة، فإن القمح الشتوى من الممكن أن تقل نسبة إصابته.

الدورة الزراعية :

لنوع « الدورة الزراعية تأثير كبير على انتشار الأمراض الفيروسية، وخصوصا تلك الفيروسات التى لها القدرة على البقاء على الحشائش، أو فى بقايا المحصول السابق، وغالباً ما تكون مصابة بالفيروس أو حاملة له، ومن الممكن أن تتكاثر لفترات طويلة. ولقد أوضح Gregory وDancaster أنه للتخلص من نباتات البطاطس المصابة بالفيروس الملوثة للحقول، يتطلب الأمر ٥ – ٦ سنوات، وفى حالة المحاصيل المعمرة فإن كمية أو أعداد النباتات المصابة تزيد بزيادة عمر المزرعة أو البستان.

تجهيز التربة :

إن طرق معاملة وتجهيز التربة لها تأثير ملموس على انتشار وبقاء الفيروسات فى التربة أو فى البقايا النباتية الموجودة بها. كما أن النيماتودات والفطريات تعتبر ناقلات لفيروسات التربة، إذا ما أصبحت التربة مناسبة لها عند التجهيز؛ فمن العوامل التى تؤثر على بقاء البقايا النباتية الحاملة لفيروس TMV هى مستوى التهوية فى التربة، وكذلك درجة الرطوبة بها. فلو كان المحصول السابق هو البطاطس.. فإن تجهيز التربة أثناء التربة الباردة ينقص بدرجة ملحوظة من عدد الدرنات المتبقية بالتربة.

مساحة الحقل :

يتوقف تأثير مساحة الحقل على انتشار الفيروسات إلى حد كبير على مصدر العدوى الأولى، وعلى كثافة الزراعة، فإذا وجد هذا المصدر على حدود الحقل المشغول بمحصول ما، فإنه كما يشير « فان دير بلانك » سوف تؤثر كثافة النباتات فى مساحة معينة؛ أى الزراعة الكثيفة على الحد من انتشار الإصابة الواردة من خارج الحقل، وقد تأكد هذا فى حالة البرسيم وإصابته بفيروس موزايك البرسيم.

كثافة الزراعة وحجم النباتات :

إن الناقلات الحشرية المجنحة التى تنقل الفيروس من خارج حقل تصيب عدداً أكبر من النباتات، إذا ما زرعت النباتات متباعدة عن بعضها، وتقل نسبة الإصابة فى حالة الزراعة

المتقاربة أو الكثيفة. وقد لوحظ زيادة الإصابة بفيروسات اصفرار بنجر السكر وموزايك بنجر السكر، وحتى فيروس موزايك الكرنب، إذا كانت المسافة بين النباتات وبعضها أو بين الخطوط وبعضها كبيرة، كما لوحظت قلة نسبة الإصابة بهذه الأمراض حينما كانت المسافة قليلة.

كما أنه يمكن القول أن النباتات الطويلة النامية فى حقل مشغول بهذا أو ذاك من المحاصيل تكون فرصتها فى تلقى الإصابة أو العدوى أكبر من النباتات القصيرة؛ خصوصاً تلك الفيروسات التى تنتقل بواسطة حشرات المن؛ حيث إن فرصة زيارة الحشرات لهذه النباتات الطويلة أكبر، وقد لاحظ Broadbent ذلك فى حقول الكرنب على مدى موسم واحد، بالنسبة للإصابة بفيروس موزايك الكرنب، فقد كانت نسبة الإصابة بين النباتات الطويلة ٣٠٪، بينما كانت ١٥٪ من بين النباتات متوسطة الطول، أما ٥٪ من النباتات القصيرة كانت مصابة.

ثانيا: العوامل الطبيعية:

الموسمية والظروف الجوية:

للعوامل الجوية تأثير كبير على مدى إصابة المحاصيل الحولية بالفيروسات، فقد أوضح Watson & Hoathcot انه من العوامل المهمة لانتشار المرض، الهجرة المبكرة للمن، ومع ذلك فهناك عوامل أخرى لا تقل أهمية، فعلى سبيل المثال فى يونيو سنة ١٩٤٥ سجلت أعداد قليلة من المن *M. persicae*. وفى هذا العام لوحظت إصابة وبائية بالأمراض الفيروسية المهمة، بينما فى يونيو سنة ١٩٤٦ سجلت أكبر كمية من المن المذكور خلال ثمانية سنوات، أجريت خلالها الدراسة، وعلى الرغم من ذلك كانت الإصابة الفيروسية قليلة النسبة. ومن هنا يمكن القول بكل تأكيد أنه على مدى ثماني سنوات، كان العامل المهم فى تحديد شدة الإصابة الفيروسية هو درجة إصابة المحصول فى المزارع المجاورة.

فعلى أساس النتائج المتحصل عليها عند استخدام مصدر مشابه للعدوى، يمكن الاعتقاد أن التفاوت الموسمى فى نسبة الإصابة فى محصول ما مثل بنجر السكر، فمن

المحتمل أن تكون نتيجة التأثير المستمر للظروف الجوية على أعداد المن الناقل على مدى الوقت الأطول من موسم النمو؛ حيث إن هذه الظروف تؤثر على مواعيد تكاثر وأعداد المن المهاجر الى المزرعة، وعلى نمو المستعمرات داخل المحصول، وعلى سرعة تحركه.

ومن الممكن أن تؤدى الظروف الجوية غير العادية الى انفجار وبائى للمرض، عما هو معروف عنه فى منطقة معينة بالنسبة لمحصول معين كل عام، ومن أوضح الأمثلة على ذلك ما حدث سنة ١٩٦٣ بالنسبة للقمح الشتوى فى جنوب البرتا حيث يزرع عادة القمح الشتوى فى الأسابيع الأولى من سبتمبر، وهذا يؤدى الى هروب المحصول من الإصابة بفيروس موزايك القمح، والذى يعتبر القمح الربيعى هو المصدر الرئيسى له، ولكن فى سنة ١٩٦٣ كانت الظروف الجوية غير عادية؛ حيث كانت كمية الأمطار فى الربيع قليلة بشكل ملحوظ عن المعدل الطبيعى لها، فخرج القمح الربيعى قليل الكثافة؛ لعدم إنبات كثير من البذور، وفجأة تغير هذا الموقف حيث هطلت الأمطار ففى المناطق التى تعرضت للجفاف من قبل بدأت تنبت الحبوب التى لم تنبت من قبل «أى بعد شهر تأخير»،كما أن النباتات التى كانت قد توقفت عن النمو بسبب الجفاف بدأت تنمو وتتفرع . وفى يونيو ويوليو كان معدل الأمطار فوق المعدل الطبيعى مما دفع النباتات للنمو السريع، كما أدى عدم التمكن من إجراء العمليات الزراعية كالحرث والخدمة الى زيادة البقايا النباتية والحشائش. وفى المناطق التى تعرضت للجفاف فى أول الموسم، لم يتمكن من الوصول الى مرحلة النضج قبل نهاية سبتمبر، وأصبحت تشكل مصدراً خطيراً للعدوى، التى تنتقل منها الى القمح الشتوى؛ ولذا فإن مزارع القمح الشتوى والتى تزرع عادة فى أول سبتمر، تعرضت بشدة فى أول حياتها للإصابة الفيروسية، وفى الخريف أيضاً كانت الطبيعة على غير المعتاد، مما ساعد على انتشار الناقل والفيروس؛ فقد كانت درجة الحرارة فى سبتمر ٥ر٣٥م أى بزيادة ٥ر٥م من معدلها فى مدى ثلاثين عاما، كما ظلت درجة الحرارة المرتفعة نسبيا سائدة أيضا فى شهر أكتوبر.

أما موسم ١٩٦٤، فلم يكن مناسبًا لانتشار الفيروس، ولكن نظراً لانتشاره الواسع فى الحقول المنزرعة بالقمح الشتوى من قبل حلول الجليد فى عام ١٩٦٣، فقد ماتت مساحات

كبيرة مزروعة بالحبوب ، كما تؤثر بعض العوامل الطبيعية على سرعة تكاثر وانتشار الناقلات للفيروسات وتحركها. ومن هذه العوامل: درجة حرارة الهواء والرطوبة والرياح. فلقد وجد أن درجات الحرارة المرتفعة تودى إلى تقليل أعداد المن وإعاقة تكاثره. كما أن الرياح تعتبر من العوامل المهمة، التى لا تؤثر فقط على انتشار الناقل والفيروس الذى ينقله فحسب، بل وتؤثر كذلك على اتجاه هذا الانتشار؛ فالرياح الشديدة من الممكن أن تؤدى إلى تقليل أعداد الحشرات الناقلة فى منطقة معينة، وبالتالى تقليل نسبة النباتات المصابة فى هذه المنطقة، فعلى سبيل المثال فإن ناقلات فيروس تشوه براعم الكاكاو عادة غير نشطة، وتنقل الفيروس على مسافات قصيرة، ومع ذلك فمن الممكن أن تنقل إلى مسافات بعيدة بواسطة الرياح، ومن ناحية أخرى.. فإن المن المجنحة فى العادة لا تطير عندما تهب الرياح الشديدة، ولكن اتجاه طيرانها غالبًا ما يتغير تبعاً لاتجاه الرياح.

كما أن الرياح الشديدة غالبا ما تنقل المن إلى مسافات بعيدة. وكذا يتحدد اتجاه نطاطات الأوراق باتجاه الرياح، فمن المعروف أن نطاط الأوراق *C. tenellus* لا يمكن أن يطير عكس الرياح التى تبلغ سرعتها ٣٠كم /ساعة.

التربة:

إن ظروف التربة هى الأخرى تؤثر بوسيلة أو بأخرى على مدى وسرعة انتشار الأمراض الفيروسية؛ حيث إن فرص انتشار الأمراض الفيروسية تكون كبيرة فى حالة التربة الخصبة.

كما وجد أن إضافة الأسمدة العضوية وغير العضوية أدى إلى زيادة إصابة البطاطس بفيروس التفاف الأوراق، وكذا بفيروس TMV حيث إن هذه الظروف تكون مناسبة لسرعة تكاثر المن الناقل لهذا الفيروس على هذه النباتات، كما تؤثر تغذية النبات أيضا على درجة الإصابة وشدة ظهور الأعراض، فقد تجعلها غير واضحة أو تزيد من درجة وضوحها.

كما أن ظروف التربة يكون لها تأثير كبير أو تلعب دوراً كبيراً فى بقاء فيروس TMV فى البقايا النباتية بالتربة، كما سبق أن ذكرنا؛ حيث يفقد الفيروس نشاطه وقدرته على العدوى

فى التربة الرطبة، وكذا فى الأراضى جيدة التهوية أسرع من الأراضى الجافة وغير المسامية أو المطبلة.

كما أن درجة الحرارة فى التربة من الممكن أن تؤثر على نقل الفيروس بواسطة النيماتودا. فقد وجد Debort سنة ١٩٦٤ أن فيروس التبقع الحلقى فى الشليك انتقل بواسطة نيماتودا *Longidorus macrosona* عند درجة ٢٠م إلى ١٦ نباتاً من ٢٠ نباتاً بينما عند درجة حرارة ٣٠م لم يتم النقل، ومع ذلك لم يكن إلا إخفاق فى نقل الفيروس عند درجات الحرارة العالية راجعاً الى موت النيماتودا، حيث كانت أعدادها ثابتة تقريباً، عند درجات الحرارة التى أجريت عليها التجربة، ولكن يعتقد أن درجات الحرارة العالية ذات تأثير سيئ على تغذية النيماتودا.

بقاء الفيروس على مدى دورة سنوية:

من الممكن أن يتحقق بقاء الفيروس فى خلال فصل الشتاء بعوامل مختلفة، تختلف باختلاف الفيروسات، حيث توجد فيروسات لها القدرة على البقاء بمساعدة عدة طرق مختلفة، نذكر منها :

١ ـ كثير من الفيروسات يمكنها أن تنتقل من موسم لآخر، مستخدمة هذا أو ذاك من العوائل النباتية أو فى التقاوى، سواء كانت بذوراً حقيقية أم أجزاء خضرية تكاثرية. وهنا أيضا يمكن أن نذكر الفيروسات التى تتجنب الظروف غير المناسبة فى بعض أوقات السنة بإصابتها النباتات المعمرة أومحمولة فى الدرنات وغيرها، كما يمكن أن تستخدم النباتات التى تبقى فى الحقل خلال فصل الشتاء مثل البنجر «بنجر المائدة»، وهذا الكلام ينطبق على البلاد التى يكون الشتاء فيها ثلجيًّا، ولا توجد مثل هذه الحالة فى جمهورية مصر العربية؛ حيث توجد لدينا مزروعات شتوية وأخرى صيفية.

٢ ـ كما سبق أن ذكرنا فإن الفيروسات التى يمكنها أن تصيب مدى عوائلى واسعاً يمكنها البقاء فى الطبيعة؛ إذا وجدت فى عوائلها نباتات معمرة أو حولية، لاتزرع فى وقت

واحد؛ أى تزرع فى أوقات مختلفة من العام، وكذلك النباتات التى يصل الفيروس إلى أجنة بذورها.

٣ – الفيروسات التى تنتقل عن طريق الجاسيد Gacids حيث يمكنها أن تعبر موسماً إلى موسم آخر، عن طريق البيض الذى تضعه هذه الحشرات.

٤ – الفيروسات التى يمكنها أن تقضى الموسم ذا الظروف غير المناسبة فى البقاية النباتية فى التربة مثل فيروس TMV، وكذلك على الحشائش، وفى عوائل أخرى كما سبق أن ذكرنا.

٥ – من الممكن ان تقضى الفيروسات التى تنتقل عن طريق الفطريات فترات طويلة فى الجراثيم الساكنة لهذه الفطريات إلى أن تتحسن الظروف، ويزرع العائل المناسب مثل فيروس تضخم عروق الخس.

٦ – قد تؤدى العمليات الزراعية والدورة الزراعية فى بعض المناطق الى بقاء الفيروس على مدار العام متنقلاً من محصول الى محصول، والتى تتوالى خلال الدورة، وهذا يتم فى المناطق التى تسمح فيها الظروف المناخية بتوالى المحاصيل، أو فى المناطق التى تنمو فيها المحاصيل البرية جنبا إلى جنب مع المحاصيل الاقتصادية، أو فى تلك المناطق التى تتوالى فيها زراعة القمح الربيعى والقمح الشتوى؛ حيث يوجد فيروس موزايك القمح، طالما وجد النبات الحى.