الباب العاشر

مقاومة فيروسات النبات

Control of Plant Viruses

obeikandl.com

obeikandl.com

مفاومة فيروسات النبات

CONTROL OF PLANT VIRUSES

إن الوسيلة الأساسية لوقاية النباتات من الأمراض الفطرية هى المعاملة بالمطهرات الفطرية؛ حيث تستخدم المطهرات الفطرية إما لوقاية النباتات من الإصابة أو لعلاج المرض أو الحد منه. أما بالنسبة للأمراض الفيروسية فلا تعرف مثل هذه الطرق المباشرة، بل إن الطرق الأساسية فى الحد من انتشار الأمراض الفيروسية تأخذ الطابع غير المباشر، حيث تجرى هذه الطرق بغرض تقليل مصادر العدوى داخل أو خارج الحقول، أو الحد من انتشار الناقلات الفيروسية، أو تقليل تأثير الفيروس على النبات إلى أدنى حد ممكن. ومع ذلك فيمكن القول أن استخدام هذه أو تلك من الوسائل فى مكان ما لا يحل المشكلة، حيث إن مقاومة الأمراض الفيروسية إجراء غير وقتى، ويتطلب توحيد واستمرار الجهود من سنة لأخرى، ولا يشذ عن ذلك إلا فى حالة وجود صنف ما من المحاصيل مقاوم أو منيع لهذا أو ذاك من الفيروسات، ولكن ذلك لا ينطبق فى أغلب الأحوال على كل الفيروسات؛ حيث إن الصنف قد يكون منيعًا لفيروس ما، بينما يكون قابلا للإصابة أو حساسًا لفيروس آخر أو فيروسات أخرى، أو حتى لسلالات جديدة من الفيروس نفسه، الذى أظهر نوعًا من المقاومة أو المناعة بالنسبة له.

وسنحاول أن نناقش الطرق المختلفة التى تستخدم فى مقاومة الأمراض الفيروسية التى تصيب النباتات، وهنا يجب أن نذكر أن الإصابة بالفيروسات تزيد من حساسية النبات لأى مرض آخر؛ حيث إنه من المعروف أن إصابة بنجر السكر بفيروس الاصفرار تزيد من حساسية أو قابلية النبات للإصابة بفطر *Alternaria* ، إلا أن هذا التأثير الثانوى للفيروسات أمكن فى بعض السنوات التغلب عليه باستخدام المطهرات الفطرية المناسبة.

ولكى تصبح طرق المقاومة مفيدة أو ناجحة، يجب فى بداية الأمر أن يعرف بدقة الفيروس أو الفيروسات المسئولة عن المرض أو الأمراض التى تصيب محصولاً ما. وكما هو

معروف فإن الأعراض المرضية لا يمكن ان تستخدم وحدها فى تعريف المسبب الفيروسى.

فعلى سبيل المثال فإن الخس يصاب بأكثر من ١٤ فيروسًا مختلفًا، تنتشر بواسطة المن ونطاطات الأوراق والتربس والنيماتودا أو الفطريات. وعدد كبير من هذه الفيروسات يسبب مرض التبرقش البرونزى (كما تتكون على أوراق النباتات نقط نكروزية)، ثم يصفر معظم النبات ويتوقف نموه. وهناك مثال آخر وهو إصابة محصول بنجر السكر بالاصفرار فى الأقاليم الغربية للولايات المتحدة الأمريكية؛ حيث ظل معتبرا على أنه فيروس الاصفرار العادى إلى أن تمكن Duffus سنة ١٩٦٠ من عزل فيروس الاصفرار الغربى، والذى يسبب تقريبًا الأعراض نفسها التى يسببها الفيروس العادى.

أولا: التخلص من مصادر العدوى:

من الواضح أنه إذا كانت التقاوى سواء كانت بذوراً أو أجزاء خضرية خالية أساسًا من الإصابة الفيروسية، وكانت التربة خالية من مصادر الإصابة، وكذا لا توجد الناقلات فإنه لن تكون هناك حاجة أصلاً لمقاومة الأمراض الفيروسية. **ولكى نتبع طريقًا معينًا للتخلص من مصادر العدوى فى حقل ما، يجب أن نعلم أولاً طبيعة هذا المصدر والوسيلة التى ينتقل بها الفيروس منه الى النباتات السليمة:**

أولاً: النباتات الحية كمصادر للإصابة بالفيروسات:

١ – الحشائش المعمرة والحولية التى ينتقل الفيروس عن طريق بذورها، أو تلك التى تكون منها عدة أجيال متعاقبة خلال العام.

٢ – نباتات الزينة المعمرة التى يظهر عليها المرض بصورة ضعيفة.

٣ – المحاصيل غير الشقيقة.

٤ – نباتات من النوع نفسه باقية من العام السابق.

٥ – النباتات ذوات الحولين فى العام الثانى، حيث تنمو مبكراً لتكون البذور وتنتقل منها الفيروسات الى النباتات المزروعة من المحصول نفسه، ولكن فى عامها الأول كما هو فى بنجر السكر وغيرها من محاصيل الخضر.

ويظهر لأول وهلة أن عدداً من هذه المصادر يمكن التخلص منه بسهولة، ولكن من الناحية العملية صعب التنفيذ، وغالبا ما يكون مستحيلاً فى المساحات المنزرعة، حتى ولو كانت مزراع صغيرة . ومثال ذلك أنه من الصعب التخلص من جميع درنات البطاطس المتبقية من المحصول السابق. وفى المناطق المعتدلة وتحت الاستوائية ينمو عدد كبير من النباتات التى تعتبر مخازن لعديد من الفيروسات؛ ولذلك فإن تنفيذ مثل هذا الإجراء فى مثل هذه المزارع أمر صعب، بل يكاد يكون متعذرا.

وتتوقف فعالية هذا الإجراء؛ أى التخلص من مصادر الإصابة بالفيروس فى منطقة ما بالدرجة الأولى على المجال العوائلى لهذا الفيروس: فإذا كان هذا المدى العوائلى ضيقا يكون من المناسب إجراء ذلك، أما إذا كان مدى النباتات الحساسة للإصابة بهذا الفيروس واسعًا مثل فيروس تبرقش الخيار (CMV) أو فيروس التبرقش البرونزى فى الطماطم يكون مثل هذا الإجراء فى أغلب الأحوال قليل الجدوى.

١ - البقايا النباتية:

إن البقايا النباتية فى التربة سواء فى الحقول أو الصوب الزجاجية تعتبر مصادر تختزن الفيروسات، خصوصا تلك التى تنتقل ميكانيكيا؛ حيث تنتقل منها الفيروسات الى المحاصيل التالية لها.

وإذا كانت مثل هذه الفيروسات من الفيروسات شديدة الثبات مثل فيروس TMV .. فإن الوسائل الوقائية مهمة جداً، خصوصا إذا كانت محاصيل حساسة لهذا الفيروس تزرع عامًا بعد عام فى المكان نفسه.

٢ - تقليع النباتات المصابة:

فى بعض الأحيان يكون تقليع النباتات المصابة مجديًا وميسوراً، ولكن مثل هذه الوسيلة تكون عديمة الجدوى ولا معنى لها إذا كان الفيروس يغزو المحصول بسرعة من أى مصدر آخر خارجى. ويجب أن يتم تقليع النباتات المصابة فى بداية الموسم، وذلك فى حالة النباتات المعمرة، فإنه إذا كان انتشار الفيروس بطيئًا فإنه يكون من المفيد اقتلاع النباتات المصابة وإحلال أخرى سليمة محلها، ويتم ذلك على سبيل المثال فى حالة إصابة الخوخ بفيروس

الموزايك. وبواسطة المعادلة التى سبق أن وضعها فان ديوربلانك والتى سبقت الإشارة إليها، يمكن التعرف عما إذا كانت العدوى ذات مصدر داخلى أو خارجى.

٣ - استخدام بذور خالية من الفيروس:

فى حالة ما إذا كانت الفيروسات تنتقل عن طريق البذور الحقيقية.. فإن البذور تكون أحد المصادر المهمة لنشر هذا الفيروس؛ حيث إن انتقال الفيروس يتم مبكراً بين البادرات عند الإنبات.

أما إذا كانت البذور هى المصدر الأساسى أو الوحيد لنشر العدوى، وإذا كان من الممكن زراعة النباتات فى ظروف معزولة لحد ما عن المصادر الخارجية.. فيكون استخدام البذور الخالية من الفيروس أو حتى التى تحتوى نسبة ضئيلة من الإصابة، إحدى الوسائل الفعالة فى مقاومة الفيروس أو أهم هذه الوسائل على الإطلاق.

وقد يكون فيروس تبرقش الخس من أحسن الأمثلة على ذلك، فلقد وجد Grogan et al سنة ١٩٥٢ فى ولاية كاليفورينا بالولايات المتحدة الأمريكية أنه عند زراعة خس اللاكتوجا من بذور خالية من الفيروس، كانت نسبة النباتات المصابة عند النضج أقل بكثير من المساحات المجاورة والمزروعة ببذور تجارية. ولم تعط هذه الطريقة إصابات كبيرة لوقت طويل؛ حيث لم يكن واضحا أنه حتى فى حالة الإصابة الخفيفة فى البذور، فمن الممكن أن تكون إصابة الحقل شديدة، ويكفى لذلك أن يتوافر ناقل نشط. ولذلك فلقد أوضحت التجارب التى أجريت فى كاليفورينا أن نسبة الإصابة فى البذور لا يجب أن تتعدى ٠,١٪ وفى الجدول التالى توضح نتائج ثمان تجارب.

نسبة الإصابة فى البذور ٪	نسبة الإصابة الحقلية فى مرحلة النضج ٪
صفر	٣,٤
٠,١	٧,٦
٠,٤	٢٠,١
١,٦	٢٩,٥

وقد عالج Tomlinson سنة ١٩٦٣ هذا الموضوع فى إنجلترا، وأجرى مثل هذه التجارب وتوصل إلى نتائج مشابهة. ولكى نحصل على التأثير المناسب من مثل هذه الوسيلة فى المقاومة؛ أى استخدام بذور خالية أو ضئيلة الإصابة بالفيروسات، يجب إدخال نظم التقييم والشهادات الصادقة عن أن هذه البذور جمعت من نباتات، زرعت فى مناطق تتوافر بها ظروف العزل المناسب. ولقد أوضحت البحوث الحديثة أنه حتى زراعة بذور الخس التى تحوى نسبة ١ر٠٪ إصابة بفيروس الموزايك.. فإن ذلك لا يحمى المحصول من إصابة ثقيلة. والآن فى ولاية كاليفورينا فى وادى ساليناس، تستخدم تلك البذور الخالية تمامًا حيث عند فحص ٣٠,٠٠٠ بذرة لم توجد بذرة واحدة مصابة بهذا الفيروس.

٤ – استخدام أجزاء خضرية خالية من الفيروس:

إن المصدر الرئيسى لأغلب النباتات التى تتكاثر خضريا هو العدوى السابقة لمثل هذه النباتات، ولذا تعتبر طريقة زراعة أجزاء خضرية خالية من الإصابة هى أهم وسيلة لمقاومة فيروسات مثل هذه النباتات.

ولتحقيق ذلك يجب أن تحل مشكلتان:

أولاهما:

يجب أن نتوصل إلى صنف معين خالٍ من الفيروس، وإذا كان الصنف مصابًا بالكامل فيجب أن تجرى التجارب لتخليصه من هذه الفيروسات.

وثانيتهما:

إذا ما توصلنا إلى الصنف الخالى من الإصابة، فيجب الحفاظ ولو على جزء منه، خالٍ تماما من الإصابة وزراعة الجزء الباقى فى ظروف لا تسمح إلا بالحد الأدنى المسموح به للإصابة.

ويسمى ذلك بالنويات الخالية، والتى تتكاثر حتى يمكن زراعتها فى المساحات الواسعة على النطاق التجارى.

طرق تعرُّف التقاوى الخالية من الفيروس:

كما سبق أن ذكرنا فإن الطرق البصرية التى تعتمد على المظاهر المرضية الظاهرية فى

التعرف على الإصابة الفيروسية لا يمكن الاعتماد عليها بمفردها فى انتخاب النباتات السليمة، ولذا يجب اللجوء هنا الى طرق التشخيص الموثوق بها، فى التعرف على النباتات المصابة والسليمة. ومثل هذه الطرق موجودة، إلا أن لكل طريقة مجالاً للاستخدام، وهذا يتوقف على كل من الفيروس والعائل. فتعريف أغلب الفيروسات خصوصا تلك التى تصيب الأشجار المعمرة يعتبر من الأعمال الصعبة، وفى هذه الحالة يعتبر التطعيم على أحد أو عدد من النباتات الحساسة هو الطريقة الأساسية. وحيث إن انتشار الإصابة خلال الشجرة خصوصا فى المراحل الأولى للإصابة لا يكون متساويًا، وحتى يمكن التأكد من أن الجزء المنتخب منها خاليا من الإصابة، فيجب إعادة الاختبار لعدد آخر من السنين، حتى يمكن التأكد من عدم وجود الفيروس. ولذلك فإن Hampton سنة ١٩٦٦ قام باختبار أربعة براعم من الشجرة الأم على كل نبات اختبار، ووجد أنه فى خلال السنة الأولى من إصابة أشجار الخوخ لا يمكن كشف الإصابة باستمرار على أشجار الكريز، بينما يرتفع احتمال كشف الإصابة بعد مرور ثلاث سنوات. كما أن التوزيع غير المتساوى للإصابة الفيروسية يوجد أيضًا خلال النباتات العشبية. وقد وجد Beemster فى هولندا أن إصابة نباتات البطاطس بفيروس Y لا تستدعى بالضرورة أن تكون جميع الدرنات مصابة بهذا الفيروس، كما أنه وجد أنه ليست كل العيون على الدرنة تحوى الفيروس، ووجد أن الجزء السفلى من الدرنة يكون أقل إصابة من القمة، ولذلك فإن القمة تكون هى الجزء المناسب لإجراء الاختبار.

ولتعريف عدد كبير من الفيروسات، يمكن استخدام طريقة العدوى الصناعية على نباتات الاختبار، كما تستخدم أيضا طرق التشخيص السيرولوجية، كما تستخدم طرق التشخيص السيتولوجية والكيماوية والميكروسكوب الإلكترونى، ومع ذلك فما زالت طريقة الاختبار بالعدوى هي الطريقة المثلى فى انتخاب النباتات السليمة.

طرق إنتاج النباتات الخالية من الفيروس:

الحصول على النباتات الخالية من الفيروس فى الظروف الطبيعية:

أحياناً فى مساحة ما من الممكن أن يلاحظ نباتات فردية من الصنف نفسه غير مصابة بفيروس ما. وإذا لم يكن من الممكن العثور على مثل هذه النباتات فإنه أحيانا ما يكون

مفيداً استخدام تلك الطرق التى سبق الإشارة إليها، مع اعتبار أن الفيروس لا يتوزع بانتظام داخل النباتات، وخصوصا إذا ما كان التعامل يجرى مع أشجار الفاكهة المعمرة. وفى هذه الحالة تؤخذ البراعم غير المصابة من الشجرة. وإذا كان الفيروس يصيب النبات إصابة جهازية؛ فإنه لا يتمكن من الوصول إلى القمة المرستيمية للأفرع سريعة النمو، ومن جراء ذلك فإن Holmes سنة ١٩٦٠ تمكن من الحصول على نبات Dahlia داليا خالٍ من فيروس التبرقش البرونزى فى الطماطم. إلا أن النباتات التى تتكاثر خضريا تكون مصابة فعليا ١٠٠٪ بهذا الفيروس أو ذاك، وفى هذه الحالة **للحصول على مصدر خالٍ من الفيروس لاستخدامه كتقاوى، يجب استخدام إحدى الوسائل التالية:**

أ - العلاج الحرارى: Theromotherapy

يعتبر العلاج الحرارى أكثر الوسائل استعمالاً فى تخليص الأجزاء النباتية من الإصابة الفيروسية . وقد أحصى Hollings سنة ١٩٦٥ أكثر من ٩٠ فيروسا، أمكن تخليص الأجزاء النباتية منها بواسطة العلاج الحرارى على الأقل فى نوع واحد من العوائل.

ويمكن تعريض نوعين من الأجزاء النباتية للمعاملة الحرارية:

أولهما: الأجزاء النباتية الكامنة (الدرنات – البراعم فى الأشجار – عقل قصب السكر)؛ حيث يمكنها أن تتحمل درجات الحرارة المرتفعة نسبيًّا بصورة أكثر من الأجزاء النشطة. ويكون تأثير المعاملة هنا مرتبطًا بالتأثير المباشر للحرارة على الفيروس. وتختلف درجة الحرارة وفترة التعريض لها اختلافات كبيرة من ٣٥ – ٥٤°م، ومن عدة دقائق إلى عدة ساعات. وغالبًا ما يستخدم الماء الساخن؛ حيث إنه فى حالة فترة التعريض القليلة، فإن الهواء الساخن لا يسمح بتعريض جميع الأجزاء بدرجات متساوية. وإذا لم تكن جميع الأنسجة سخنت بدرجة متساوية.. فإن المعاملة بالهواء الساخن الجاف تكون قليلة الفائدة عن الماء الساخن.

وثانيهما: فغالبًا ما تستخدم المعاملة الحرارية فى علاج الأنسجة النشطة النامية، وفى هذه الحالة يستخدم الهواء الساخن، ولايستخدم الماء الساخن، وهنا فإن مدة التعريض تستمر لعدة أسابيع على درجة حرارة ٣٥ – ٤٠°م، وهذه المعاملة تحقق أقل نسبة موت بين النباتات المعاملة، كما أن درجة الحرارة ومدة التعريض تختلف فى حدود واسعة باختلاف الفيروسات.

وغالبا ما يفصل بعد المعاملة الحرارية مباشرة لقمم النامية للبراعم؛ حيث إنها تكون خالية من الفيروس، بينما تظل بقية البراعم محتوية على الفيروس.

إلا أن العلاج الحرارى يكون عديم الجدوى، إذا ما كان الفيروس شديد الثبات وأكثر تحملا لدرجات الحرارة العالية، مثل فيروس TMV. وهنا يجب ألا نسبق الأحداث لنخرج بإجابة محددة عما إذا كان من الممكن تخليص هذا أو ذاك من النباتات من فيروس مثل هذا الفيروس أم لا؟ حيث إنه ليس واضحًا فى الوقت الحاضر الميكانيكية، التى يتم بها تخليص الأنسجة من الفيروس، فمن الممكن أن تهدم الفيروس نفسه أو الإخلال بعملية تضاعف الفيروسات.

وفى حالة الفيروسات الثابتة مثل فيروس X البطاطس.. فإنه من الممكن تخليص بعض أجزاء النبات من الإصابة إذا ما خزنت لعدة شهور عند درجة حرارة منخفضة نسبيا «٣٥م»، ويرى Mellor وآخرون سنة ١٩٦٧ أنه من الممكن إجراء ذلك خلال الخريف أو الشتاء؛ حتى يمكن الانتهاء منها قبل بداية موسم الزراعة؛ وأمكن التخلص من فيروسين هما S & X دفعة واحدة، عندما خزنت البطاطس عند درجة حرارة ٣٣ – ٣٧م لمدة عدة شهور، بعد نزع البراعم الإبطية بطول ٣ر – ١ر٠ مم من النباتات وزراعتها على بيئات صناعية.

زراعة الأنسجة المرستيمية:

توجد بعض الأعمال التى تشير الى أن بعض الفيروسات من الممكن أن تنفذ الى الميرستيمات الأولية. وقد وجد Smith , Mcwhorter سنة ١٩٥٧ أن الانقسام الميتوزى فى الميرستيمات القمية لجذر وساق نباتات الفول يبطؤ أو يصيبه الشلل؛ نتيجة للإصابة بفيرس النقط الحلقية فى الطماطم؛ حيث ظهرت الفجوات فى تلك الخلايا ثم ماتت.

كما ظهرت ملحقات شبيهة بالفيروسات فى الميرستيمات القمية والبروكامبيوم فى الساق، أما فى المرستيمات القمية فى الجذور، فقد ظهرت هذه الملحقات على بعد ٢٠ خلية من القمة.

وعند عدوى القمة النامية لجذر الفول بسلالة فيروس تبرقش الخيار التى تصيب الطماطم

مسببة النقط الحلقية، نفذ الفيروس إلى جميع خلايا الميرستيم القمى. وقد أظهرت الدراسات السيتولوجية موت القمة النامية للجذر، وبعد ذلك ماتت أيضا الخلايا البالغة. وبفحص خلايا الميرستيمات القمية بواسطة الميكروسكوب الإلكترونى ظهر بها الفيروس، وهذا كان قد ثبت بالنسبة لبعض الفيروسات فى عوائل مختلفة.

إلا أنه فى كثير من التغييرات فى الثنائى «فيروس + عائل» ثبت أنه توجد بالقرب من القمة النامية للجذر والساق منطقة ذات حجم كبير أو صغير، خالية تمامًا من الجزئيات الفيروسية، أو تحتوى على عدد ضئيل جدا من هذه الجزئيات. وهذا ما دعا بعض الباحثين للحصول على عدد من الخلايا الخالية من الفيروس وزراعتها.

ومع ذلك فمن الصعب إثبات أو التأكد من غياب الفيروس فى الخلايات الميرستيمية القمية؛ ولذلك فمن الضرورى أن تعطى هذه الانسجة المعزولة الفرصة للنمو بعض الوقت، حتى إذا ما كان بها حتى ولو تكاثرت كمية ضئيلة من الفيروس، وأمكن الكشف عنها بسهولة، ومن ناحية أخرى فإن بعض الفيروسات تفقد بزراعة الأنسجة على البيئات الصناعية.

ومن المعروف أن مادة الكينتين تؤدى إلى وقف تضاعف الفيروسات، ولذا يلجأ بعض الباحثين إلى إضافة هذه المادة أو ما يشابهها فى البيئة المستخدمة لزراعة الأنسجة الخالية من الفيروسات .ولا توجد مواد شبيهة لتلك التى تؤثر تأثيراً ملحوظًا على أعداد الجسيمات الفيروسية الموجودة فى المرستيمات القمية.

ومن بين الفيروسات التى لا تنفذ إلى القمة النامية للساق، فيروس موزايك الداليا فى الداليا، وعدد من فيروسات البطاطس مثل فيروس A وفيروسY وفيروس S وفيروس X، وتبلغ المسافة الخالية من مثل هذه الفيروسات حوالى ١٠٠–٢٠٠ مليميكرون، إلا أن هذه المسافة تكون كبيرة بالنسبة لبعض الفيروسات الأخرى؛ حيث تصل الى ٤٠٠ – ١٠٠٠ مليميكرون.

وبعد المنطقة ا لمرسيتيمية الخالية من الفيروس، يتدرج تركيز الفيروس فى المناطق التى تليها، حيث يكون التركيز الأكبر فى الخلايا البالغة.

وليس من المفهوم حتى الآن الأسباب التى تجعل المنطقة الميرستيمية غير مناسبة لتكاثر الفيروسات، إلا أنه توجد بعض الفروض التى تحاول تفسير ذلك:

١ – منطقة النمو تنقسم بسرعة، وبالتالى تبعد بسرعة، وأن الفيروس لا يمكنه ملاحقتها أو الوصول اليها. ولكن هذا الفرض له نواقصه، ويعتبر أقل احتمالا حيث إن Bald وSolberg سنة ١٩٦٢ وجدا أن القمة النامية من ساق نبات *N. glauca* تنمو بمعدل ١ سم فى اليوم، وهذا يزيد بالفعل عن معدل السرعة المعروف بالنسبة لانتقال الفيروس من خلية لأخرى، ولكن أذا سقط الفيروس فعلاً فى هذه المنطقة التى يزيد فيها حجم الخلايا، فإنه مع نمو الخلايا، لابد أن ينتقل إلى الأمام.

٢ – وجود عوائق فى طريق تقدم الفيروس، فعلى سبيل المثال تكون أقطار البلازموديسماتا ضئيلة للغاية، إلا أنه لا توجد نتائج عملية نتيجة لتجارب حتى يمكن إثبات صحة هذا الفرض.

٣ – إن التغييرات البيوكيماوية التى تحدث فى الخلايا ذات الأنقسام النشط تعوق عملية تضاعف الفيروسات، ولكن ذلك مجرد افتراض يحتاج إلى إثبات حيث إنه ببساطة مازال من غير المعروف على وجه الدقة تلك التغيرات المشار إليها.

وبعد أن تكلمنا عن توزيع الفيروسات فى الميرستيمات القمية، فإنه يمكن اعتبار طريقة زراعة الأنسجة الميرستيمية القمية من الطرق الفعالة لإنتاج نباتات خالية من الإصابة الفيروسية خصوصا تلك النباتات التى تتكاثر خضريا وتخليصها من بعض الفيروسات. وقد أوضح Hollings سنة ١٩٦٥ أنه فى حالة زراعة الأنسجة الميرسيتمية، يكون الميرستيم القمى وكذا الزوج الأول من البادئات الورقية Primorodium خاليا من الفيروس، ويختلف طول هذه المسافة عند النباتات المختلفة حيث يتراوح ما بين ٠,١ – ٠,٥ مم، إلا أن طول القمة المتبقية بعد المعاملة الحرارية عادة يتراوح بين ٠,٢ – ٢ سم، ويختلف أقل طول يمكن استخدامه فى زراعة الأنسجة الميرستيمية باختلاف النباتات.

وحتى يمكن تمثيل كل النبات، يفضل عند زراعة الأنسجة أن يحتوى الميرستيم القمى

على الأقل على زوج واحد من البادئات الورقية Primordium . وقد استخدم الباحثون بيئات مختلفة لزراعة الأنسجة الميرستيمية، وتحتوى أساسا البيئة على الأملاح المعدنية (Macro and micro) والسكروز، وواحد أو أكثر من منشطات النمو (وعلى سبيل المثال الجبرلين) حينما تنمى الأنسجة على الآجار.

ومنذ أن اقترح Moral طريقة زراعة الأنسجة ١٩٤٨، شاع استخدام تلك الطريقة فى الحصول على النباتات الخالية من الفيروسات، وقد استطاع Hollings كما سبق أن ذكرنا أن يتخلص من ٢٢ فيروسًا بهذه الطريقة. كما تستخدم هذه الطريقة بنجاح خصوصًا مع النباتات التى لا تتحمل المعاملة الحرارية. وفى بعض الأحيان تعطى هذه الطريقة نتائج جيدة إذا ما اشتركت مع المعاملة الحرارية؛ حيث تستخدم الميرستيمات القمية للنباتات المعاملة حراريا. وفى مقاومة تلك الفيروسات التى يكون من الصعب التخلص منها، يمكن استخدام بعض المواد المثبطة، التى توقف تضاعف الفيروس، وفى هذه الحالة تضاف إلى البيئة الغذائية وقد استخدم Quak سنة ١٩٦١ لتخليص البطاطس من فيروس S& X مادة 2,4-D بتركيز ٠,١ ppm. وبنفس الطريقة، أضاف Tinsley وKassanis مادة ثيوراسيل 2- Thiouracil الى البيئة للتخلص من فيروس Y البطاطس.

ويجب أن نذكر أن بعض الميرستيمات القمية فقط هى التى تعطى نباتات خالية من الفيروس، وحتى وقتنا هذا لم تعرف العوامل التى تؤدى إلى نجاح أو فشل هذه الطريقة، ومن الممكن افتراض ما يلى لتوضيح هذه الأسباب :

١ – على الرغم من غياب الفيروس فى الأنسجة الميرستيمية، إلا أن بعض تلك الأنسجة قد تكون ملوثة به سطحيًا.

٢ – من الممكن أن تكون بعض أجزاء الميرستيم خالية من الفيروس، بينما يوجد الفيروس فى الأجزاء الأخرى.

٣ – الفيروس الموجود فى الخلايا الميرستيمية من الممكن أن يفقد نشاطه وحيويته عند زراعة تلك الأنسجة على البيئات الصناعية.

وعند استخدام طريقة زراعة الأنسجة للحصول على نباتات خالية من الفيروس، من

الضرورى أن نتذكر أن النباتات النامية من الميرستيم، حتى ولو كانت سليمة ظاهريًّا، فلابد من فحصها للتأكد من خلوها؛ حيث إنه فى المراحل الأولى من النادر ان تظهر الأعراض المرضية.

الحرارة المنخفضة:

لم يدرس حتى الآن التأثير الذى تحدثه درجات الحرارة المنخفضة على نشاط الفيروس وحيويته دراسة وافية. وكان من الممكن أن ننتظر أن البرودة أو درجات الحرارة المنخفضة لا تؤثر على الفيروسات؛ خصوصًا تلك الفيروسات الثابتة فى العصير in vitro، ولكن ظهر بعد ذلك أن الزراعة فى ظروف درجات الحرارة المنخفضة تؤدى إلى تخليص النباتات من بعض الفيروسات.

فقد زرع Black و Selsky سنة ١٩٦٢ نوعًا من البرسيم عند ٤ ١°م، وكان مصابًا بفيروس الورم التقرحى. ففى هذه الظروف وبعد عدة أجيال، لم تلاحظ هذه الأورام ثم أخذت قطعة من نباتات الجيل الثالث، وزرعت فى صوبة فى ظروف طبيعية، ووجد أن ٩٥٪ من هذه القطع أعطت نباتات سليمة ظاهريًّا، وكان ٩٠٪ من هذه النباتات خالية من الفيروس. ومازال من غير الواضح ميكانيكية تأثير درجات الحرارة المنخفضة على الفيروس، فقد يكون ذلك راجعًا إلى أنه فى ظروف البرودة يقل معدل تزايد الفيروس، أو إلى بطء أو قلة سرعة تحركه فى النبات، وقد يفسر هذا سبب بقاء جزء من النبات خاليًا من الإصابة . وهناك اعتقاد آخر يفسر به Black and Selsky ذلك، وهو يقوم على أساس أن تركيز الفيروس فى الورم يساوى ١٠٠ ضعف التركيز فى الأجزاء الأخرى، وأن انخفاض الحرارة يؤدى الى عدم تكون الأورام، وبالتالى ينخفض تركيز الفيروس فى الأجزاء التى يتضاعف بها، ثم ينتشر فى بقية أجزاء النبات.

العلاج الكيماوى:

لقد تناقضت النتائج التى أسفرت عنها التجارب العديدة، التى أجريت بغرض تخليص النباتات من الإصابة الفيروسية باستخدم بعض المواد المضادة للفيروسات . ويوجد قليل من الإشارات حول نجاح بعض التجارب فى شفاء النباتات باستخدام مثل هذه المواد، إلا أن النتائج التى تحصل عليها هؤلاء البحاث كانت نتيجة استخدام عدد ضئيل من النباتات، أو

كانت النتائج نفسها لا تعبر عن الواقع، وحتى الآن لم يعرف أى مركب كيماوى طريقه إلى الاستعمال العملى فى الإنتاج الواسع.

وقد وجد Pine سنة ١٩٦٧ أن حقن أشجار الخوخ بمركب Dimethylsulphoxide من الممكن أن يؤدى الى اختفاء أعراض فيروس موزايك الخوخ فى خلال سنة واحدة، وكذا فيروس التنقط والحلقات النكروزية، إلا أن هذه الأعراض تعود للظهور مرة أخرى فى العام التالى.

وكما سبق أن ذكرنا فإنه يمكن استخدام العلاج الكيماوى بمصاحبة العلاج الحرارى، أو بمصاحبة طرق أخرى مثل طريقة زراعة الأنسجة الميرستيمية.

حماية النباتات الخالية من الفيروس من العدوى الثانية:

بعد أن نحصل على النويات الخالية من الفيروسات بهذه أو تلك من الوسائل السابق الإشارة إليها، فإنه يجب إكثار مثل هذه النويات فى ظروف، لا تسمح بإعادة إصابتها بالأمراض الفيروسية مرة أخرى، وتسمح بتقييم جدواها الإنتاجية وتطابقها الوراثى للأم.

ثم يجرى بعد ذلك إكثار الإنتاج للأغراض التجارية . ويجب أن يراعى فى وقت إكثار وتوزيع التقاوى الخالية من الفيروسات، إجراء ملاحظة مستمرة فى جميع العمليات المرتبطة بالزراعة والبيع. والمثال الكلاسيكى لهذه الملاحظة نجده فى نظام الاعتماد وإعطاء الشهادات المعمول به فى بريطانيا، والذى بفضله تضاعف محصول البطاطس ثلاث مرات، وكان السبب فى ذلك هو خفض نسبة الأمراض الفيروسية؛ حيث تزرع التقاوى المفروض أنها خالية من الفيروسات بعد فحصها فى مساحات معزولة فى مناطق محددة، تكون غير مناسبة لهجرة المن وتكاثره على البطاطس، ثم تزرع النويات المنتجة بهذه الطريقة لإنتاج تقاوى عالية القيمة تزرع حينئذ، فى جميع أنحاء إنجلترا، فى مساحات تمتاز بضآلة كمية المن بها. وباستمرار يتم فحص شبكة النويات الخالية من الإصابة الفيروسية، كما ساعد استخدام المبيدات الحشرية فى توسيع شبكة المناطق التى يمكن فيها إكثار النويات لإنتاج التقاوى.

وفى الوقت الحاضر تتبع كثير من دول العالم مثل هذا النظام وغيره من النظم بالنسبة

لمختلف محاصيل الحقل والبستان؛ بما فى ذلك أشجار الفاكهة والعنب والحلويات والبطاطس. وبالنسبة لبعض المحاصيل خصوصا تلك التى تزرع من أجل زهورها أو درناتها أو أبصالها.. فإن هذه البرامج تكون محدودة تبعًا لخصائص المحاصيل المختلفة.

ومن الاسئلة التى تظهر دائمًا عند زراعة التقاوى المعتمدة (الخالية من الفيرس) سواء كانت بذورًا حقيقية أو أجزاء خضرية، الاسئلة التى تتصل بعدد النباتات، التى يجب فحصها حتى يمكن السماح باستخدم هذه التقاوى. وفى رأى **Markham et al** سنة ١٩٦٣ يجب ان يكون حجم العمل فى الاختبارات محدودًا، ولذلك يجب ألا نختبر النباتات الفردية، ولكن مجموعات منها. تجمع هذه المجموعات عشوائيا، وبعد ذلك تقارن الإصابة الحقلية بنسبة الإصابة التى قدرت فى المجموعات. وتزيد جدارة هذا الاختبار كلما زادت أعداد النباتات المراد اختبارها.

وسائل المقاومة بالعمليات الزراعية:

إخلال دورة العدوى:

لو زرع في منطقة ما محصول يعتبر العائل الرئيسى لفيروس ما أو محاصيل قريبة له، فإنها تعتبر عوائل رئيسية لهذا الفيروس أيضا، ولذلك فإنه يمكن خفض نسبة الإصابة لدرجة ملحوظة إذا ما صممت الدورة الزراعية؛ بحيث لا يوجد أى من هذه المحاصيل لوقت ما.

ومن أحسن الامثلة على ذلك هو توحيد مواعيد زراعة القمح الشتوى فى وقت مبكر، بحيث لا يحدث أن توجد نباتات خضرية فى وقت واحد مع القمح الربيعى والقمح الشتوى. وتعطى هذه الطريقة نتائج جيدة خصوصًا إذا ما صاحبها اقتلاع البقايا النباتية والنجيليات البرية القابلة للإصابة بفيروس الموزايك المخطط فى القمح.

واذا ما روعى الحفاظ على الفترات التي لا تزرع بينها أى من المحاصيل القابلة للإصابة بالفيروس نفسه، فإن ذلك يعطى نتائج جيدة بالنسبة لعدد آخر من الفيروسات؛ خصوصًا تلك الفيروسات ذات المجال العوائلى المحدود، والتى تنتشر بواسطة المن . فعلى سبيل المثال فى كاليفورنيا حيث يزرع الكرفس Celery فى منطقتين.. فإن محصول هذه الزراعات منذ سنة ١٩٣٠ حتى سنة ١٩٤٣ تناقص باستمرار، وفى عام ١٩٣٥ لم يزرع هذا المحصول لمدة خمسة أشهر، فزاد المحصول، ثم زاد المحصول أكثر فأكثر بزيادة هذه المدة.

وهناك مثال آخر على فيروس التقزم الأصفر فى البصل، حيث زرع هذا المحصول فيما بين ١٩٣٩ ـ ١٩٤٥ فى نيوزيلندا، وكان من نتيجة الإصابة الوبائية بهذا الفيروس فى هذه المنطقة أن منعت بها زراعة البصل، كما قام الزراع أيضا بإزالة البصيلات والنباتات المختلفة فى الحقول، وقد أدت هذه الإجراءات إلى منع ظهور هذا المرض فى هذه المنطقة .

تغيير مواعيد الزراعة :

إن الأمراض الفيروسية غالبا ما يشتد تأثيرها وينخفض المحصول بصورة أكبر، إذا ما حدثت الإصابة فى مراحل مبكرة من عمر النباتات، ومن ناحية أخرى فإن النباتات الناضجة غالبًا ماتكون أكثر تحملاً للإصابة من البادرات، كما أن تحرك الفيروس بها يكون بطيئًا – ولذلك فإن موعد الزراعة قد يكون ذا تأثير على موعد ظهور الإصابة وانتشارها فى الحقل إذا ما كان الحديث يدور حول الفيروسات التى تنتشر بواسطة الحشرات.

ولذلك فإن أفضل مواعيد الزراعة هى تلك التى تراعى مواعيد التزايد القصوى فى أعداد المن الناقل للفيروسات وهجرته. فإذا كان المن يهاجر مبكرا، فمن الممكن أن ينصح بتأخير الزراعة بعض الشيء، وعلى العكس إذا كانت هجرة المن تأتى متأخرة، فهنا ينصح بالتبكير فى الزراعة حيث تكون النباتات كبيرة نسبيا فى وقت هجرة المن إليها، ومن أمثلة ذلك أنه عندما زرعت البطاطس فى أسكتلندا فى الأسبوع الثالث من مايو، زادت نسبة الإصابة بفيروسات التفاف الأوراق وفيروس Y زيادة كبيرة عما إذا زرعت البطاطس فى الأسبوع الأول من إبريل، حيث إن الموعد الأخير يسمح للنباتات بالنمو فترة مناسبة قبل وصول المن إليها.

وإذا ما جرى الحديث عن التغيير فى مواعيد زراعة أو تقليع المحصول للإقلال من الإصابة الفيروسية، فإنه لابد وان نراعى تأثير ذلك على النواحى الاقتصادية والتجارية الأخرى، فعلى سبيل المثال فقد وجد Broadbent ان الزراعة المبكرة للبطاطس والتقليع المبكر يؤديان إلى خفض نسب الإصابة بالفيروسات، إلا أنها من ناحية أخرى أعطت محصولاً أقل كثيراً؛ مما يجعل تأثيرها من ناحية خفض الإصابة الفيروسية تأثيراً سلبيًا.

كثافة الزراعة:

لقد سبق أن ذكرنا أنه فى حالة الزراعة الكثيفة يلاحظ انخفاض نسبة الإصابة الفيروسية. وقد درس تأثير كثافة الزراعة أو تقارب النباتات أو زيادة عدد النباتات فى وحدة المساحة على الإصابة الفيروسية، وعلى انتشار المن الناقل، وعلى المحصول على نباتات الفول السودانى. وبفحص المناطق المزروعة بكثافات مختلفة، أعطت نتائج متشابهة فى مواسم مختلفة، وقد وجد أيضا أن أعداد المن على النباتات كانت أكبر فى حالة النباتات المنزرعة على مسافات واسعة.

وعلى الرغم من انخفاض نسبة الإصابة فى حالة الزراعة الكثيفة، إلا أن التنافس بين النباتات والتزاحم بينها يؤدى فى النهاية إلى خفض المحصول، بينما تزيد قيمة التقاوى المأخوذة منها لقلة الإصابة الفيروسية بها. ويفضل استخدام كثافات الزراعة التى تسمح فقط بأن تكون التربة جميعها مغطاة بالنباتات، ولا يزيد عن ذلك حتى لا يزيد التزاحم بين النباتات؛ مما يؤدى إلى نقص المحصول. ويرى هل Hull أن زيادة أعداد المن على النباتات المزروعة على المسافات المتباعدة يرجع الى انجذاب المن إلى اللون الأصفر، ويفسر ذلك بتباعد النباتات، وبالتالى ظهور أوراقها الأولية الصفراء، ولكن هذا التفسير لا ينطبق فى حالة التجارب السابق شرحها فى حالة الفول السودانى، حيث كان التباعد بين النباتا دائمًا ملحوظًا.

إزالة الأجزاء النباتية التى توجد فوق سطح التربة:

حتى يمكن تحديد انتشار الفيروس فى نهاية موسم النمو الخضرى.. فإن بعض البرامج التى تهدف إلى إنتاج التقاوى الخالية من الفيروس ترى جمع النباتات مبكرا قبل الموعد المحدد، وهذا ما يحدث عند إنتاج تقاوى البطاطس فى هولندا، حيث يحددون هناك موعد تقليع المحصول بمواعيد ظهور المن الناقل للفيروسات أو على الأقل حش العرش.

وقد وجد Beemster أنه لو لم يحش العرش تمامًا، فإن هذه الطريقة تعطى نتائج عكسية؛ لان ذلك يسرع من وصول الفيروس Y & L إلى الدرنات الجديدة، ولو أن تفسير ذلك غير واضح، إلا أنه من الواضح أن الحش يؤدى الى خروج براعم جديدة، يفضل المن أن

يتجه إليها، ولذلك فيجب حرق العرش كلية، ويحدد ذلك بعد ١٥ يومًا من ظهور المن، حيث وجد أن هذه المدة تكفى لوصول الفيروس من العرش إلى الدرنات الجديدة.

مقاومة الناقلات:

قبل أن نتخذ أى إجراء، لابد بادئ ذى بدء أن نحدد الناقل المسئول عن انتشار الفيروس، وفى بعض الاحيان يكون من الصعب الحصول على تلك المعلومات.

حيث إنه دار البحث على مدى عدد كبير من السنين عن الناقل، الذى يقوم بنشر فيروس موزايك الخوخ فى ولاية كاليفورينا الأمريكية. ولهذا الغرض تم اختبار أكثر من ١٥٠ نوعًا من الحشرات، حتى نجحوا فى النهاية من إثبات أن هذا الفيروس ينتشر بواسطة الأكاروس *Eriophyes insidioses* ، وفى كثير من الأحيان لا يكون الناقل الرئيسى أو حتى الناقل الوحيد لفيروس ما نوعًا مرتبطًا باستمرار بهذا المحصول أو ذاك، وقد يكون الناقل حشرة تتواجد مصادفة على هذا المحصول. وقد وجد فى أستراليا أن فيروس اصفرار الخس النيكروزى ينتقل أساسا بمن *Hyperomuzas Lactucae* ، وهذا المن يتكاثر أساسًا على بعض أنواع النباتات البرية أو الحشائش الحساسة لهذا الفيروس (.Sonchus sp). وعلى الرغم من أن هذا المن ينشر الفيروس المذكور على الخس، إلا أنه لا يمكنه أن يعيش عليه طويلا لمدة لا تزيد عن بضع أيام قليلة. ومع ذلك فلابد أن تكون نباتات الخس جذابة بطريقة ما لهذه الحشرات؛ حيث إن النباتات الأخرى التى وجدت مصادفة مع الخس لم تصب بالمن ولا بالفيروس، على الرغم من قابليتها للإصابة بالفيروس تجريبيًا.

أولا: مقاومة الحشرات الناقلة:

أ- المبيدات الحشرية:

فى مقاومة الحشرات الضارة بالزراعة، يستخدم عدد كبير من المبيدات المختلفة. ولمقاومة الحشرات التى تسبب ضررا مباشرا للمحصول، لابد بداهة من تقليل أعدادها إلى أدنى حد ممكن، أو إلى الحد الذى فى وجوده لا يحدث ضرر اقتصادى للمحصول. ولكن أصعب من ذلك بكثير مقاومة الحشرات الناقلة للفيروسات، على الرغم من أنها فى حد ذاتها قد لا

تسبب ضرراً مباشراً ملموساً للمحصول؛ حيث إنه تكفى أعداد قليلة من الحشرات لنقل الفيروسات ونشره بين النباتات، وخصوصاً من الحشرات المجنحة. وتعطى المبيدات التى تؤثر باللمس نتائج مرضية فى حالة استخدامها دورياً أى رشها عدة مرات. إلا أن المبيدات الجهازية والباقية تعتبر أفضل من سابقتها فى مقاومة الحشرات الناقلة للفيروس، وخصوصاً إذا ما كانت هذه المبيدات سارية فى العصارة؛ وحيث إن كثيراً من الأمراض الفيروسية ينتقل إلى الحقول بواسطة المن المجنح الذى يمكنه أن ينقل الفيروس عند أول محاولة للتغذية على النباتات، حتى ولو ماتت بعد ذلك مباشرة بفعل المبيدات الجهازية، خصوصا إذا كان الفيروس ينتقل على أجزاء فم الحشرة. وفى هذه الحالة أيضا؛ أى حينما يكون الفيروس غير باق بالحشرة، فإن بقاء الحشرة فترة طويلة على النباتات، فإنها سرعان ما تفقد الفيروس، ولذلك لا توجد ضرورة بعد ذلك فى قتل الحشرة (هذا فى حالة ورود العدوى من الخارج)، وعلى العكس من ذلك يكون التعامل مع الفيروسا ت الدوارة (الداخلية) بالحشرة أو المتكاثرة بها، حيث إن المن يستطيع أن يعدى بها عدداً كبيراً من الفيروسات، ولذلك فإن مقاومة هذه الحشرات وقتلها أثناء تغذيتها الأولى يكون مجديا، ويؤثر بشكل ملحوظ فى الحد من انتشار مثل تلك الفيروسات.

أما بالنسبة لانتشار الفيروس داخل الحقل نفسه.. فإن العوامل السابق ذكرها نفسها تؤثر التأثير السابق ذكره نفسه، حيث إنه فى حالة الفيروسات الدوارة (الداخلية) فإن الحشرة تتغذى فترة طويلة على النبات المصاب، ولذا فإن استخدام المبيدات يكون مجديا عن تلك التى تنقل على أجزاء فم الحشرة (خارجية Stylet - borne viruses).

وقد وجد برت Burt سنة ١٩٦٤ هذا الاختلاف عند دراسة تأثير اثنين من المبيدات الجهازية على انتشار فيروسين من فيروسات البطاطس؛ حيث أمكن الحد من أنتشار فيروس التفاف أوراق البطاطس، وهو فيروس من الفيروسات الباقية، بينما لم تؤد المعاملة بهذين المبيدين إلى أى تأثير على أنتشار فيروس Y البطاطس، وهو أحد الفيروسات غير الباقية (الخارجية).

وحتى يمكن تحديد الوقت الذى يتم فيه أكبر انتشار لفيروس التفاف الأوراق على

البطاطس فى إنجلترا، أجرى برت Burt تجارب على معاملة الزراعات بالمبيدات الجهازية فى فترات مختلفة من مراحل نمو النباتات. وقد اتضح من نتائج هذه التجارب أن الوقت الفعال فى نشر هذا الفيروس هو هجرة المن المجنح فى أول موسم النمو الخضرى، ولذلك يوصى برت Burt بإجراء المعاملة بالمبيد الجهازى مبكراً بقدر الإمكان.

كما هو الحال بالنسبة لفيروس Y البطاطس، فإن فيروسات أخرى غير باقية مثل فيروس موزايك خس اللاتوكا لم تؤثر المعاملة بالمبيدات الجهازية أى تأثير فى خفض نسبة الإصابة بها. إلا أن الرش بالمبيدات له بعض جوانبه السلبية؛ حيث إن ذلك يعتبر عملية إضافية تعرض النباتات للتلف بفعل الجرارات أو الات الرش، ولهذا فإنه فى كثير من الأحيان لا يمكن إجراء عملية الرش فى الوقت اللازم أو الأكثر مناسبة لإجرائها. ومن ناحية أخرى فإنه عند إجراء عملية الرش من الممكن أن يحمل المبيد بفعل الرياح ويتلف محاصيل أخرى. إلا أن السلبيات السابق ذكرها يمكن استبعادها فى حالة استعمال المبيدات الجهازية المحببة (Granules) حيث يمكن وضعها فى التربة وقت الزراعة. وعند زراعة البطاطس من الممكن وضع الكمية المناسبة من المحببات بمساعدة آلة خاصة تضاف الى ماكينة زراعة البطاطس، وقد أعطت مثل هذه المحببات تأثيرا لا بأس به فى خفض انتشار فيروس التفاف أوراق البطاطس.

ويعتبر الداى سولفاتون Disulphaton والفورات Phorat من المبيدات الجهازية المحببة، التى تعطى نتائج جيدة فى مقاومة حشرات المن. وحيث إنها بطيئة الذوبان فى الماء فإنهما يظلان بالتربة فترة طويلة، ولذلك تقوم النباتات بامتصاصها على مدى فترة طويلة، وقد وجد أن هذين المبيدين يقيان البطاطس من المن لمدة لا تقل عن عشرة أسابيع بعد الزراعة. وفى بعض التجارب وجد أنه على مدى ٥٥ ـ ٦٥ يوماً من الزراعة وجدت حوالى من ١٣٠٠ ـ ٣٥٠٠ فرد من المن على أوراق النبات غير المعامل، بينما كانت أعداد المن على النباتات المعاملة من ١٠ ـ ١٥ فرداً. ولقد أدت مثل هذه العملية إلى خفض انتشار فيروس التفاف أوراق البطاطس من النباتات المصابة الى السليمة. إلا أنه يجب أن نذكر أن مثل هذه المبيدات الجهازية المحببة لا تعطى نتائج إيجابية باستمرار، فعلى سبيل المثال عند معاملة

البسلة بمثل هذه المبيدات أصبحت النباتات سامة بالنسبة للمن، ولكن هذه المعاملة لم تنجح فى خفض نسبة الإصابة بفيروس موزايك البسلة العادى وفيروس تشوه البسلة وهو فيروس باق.

ويجب أن يشار إلى أن استخدام المبيدات غير المناسبة يؤدى إلى رفع نسبة الإصابة بالفيروسات، وذلك إما لإنها تقتل المفترسات التى تتغذى على المن أو لتأثيرها المباشر على النباتات. وفى سنة ١٩٦٤ وجد Broabent et al. أنه عند رش النرجس أو تعفيره بواسطة الـ D.D.T أو أحد المركبات الفوسفورية أدى إلى زيادة انتشار فيروس الاصفرار المخطط بصورة أكثر من انتشاره فى الزراعات غير المعاملة؛ حيث نشطت بعد المعاملة حشرات المن المجنح، بينما لم تتأثر أعداد المن غير المجنح.

وكذلك الحال فى حالة فيروس اصفرار بنجر السكر؛ حيث تزداد نسبة الإصابة به، عندما تعامل النباتات بمادة الـ D. D. T أو الترای كلوروفون Trichlorophon، إلا أن استخدام المبيدات العضوية الفوسفورية أدى إلى خفض نسبة الإصابة به لحد ما بواسطة المن خلال المزرعة نفسها. وتتوقف القيمة الاقتصادية للرش على الوقت ودرجة انتشار الفيروس فى مزرعة ما.

ففى إنجلترا وجد أن المعاملة خلال شهر يونيو تؤدى إلى زيادة المحصول فى حالة ما إذا كانت نسبة الإصابة فى الحقول غير المعاملة أكثر من ٢٠٪ . ولذلك فإن إجراء الرش الوقائى بواسطة الزراع الإنجليز تتحدد أساسًا على الحصر السنوى للمن، الذى يتغذى على محصول ما. ولذلك فإن الزراع يجدون ظهور عدد فرد واحد من المن على كل ٤ نباتات، تحذيرًا لهم فيقومون بإجراء عمليات الرش بالمبيدات.

ومن العوامل المؤثرة فى نجاح عملية المقاومة بالمبيدات هو وقت إجراء الرش، ومن سنة ١٩٦٢ حتى سنة ١٩٦٦ حيث كان يجرى الرش على أساس أعداد المن، أدى إلى خفض نسبة الإصابة بفيروس الاصفرار بنسبة ٣٧٪، وإذا تم إجراء الرش مبكرا أو متأخرا عن تلك المواعيد بمدة أسبوعين فإن معدل الانخفاض فى الإصابة لم يتجاوز ٢٥٪.

وفى حالة فيروس التقزم الأصفر فى الشعير الذى يعتبر الفيروس الأساسى الذى يصيب

القمح فى نيوزيلنده، وجد أن هناك فترتين لانتشار الفيروس على زراعات هذا المحصول: الفترة الأولى فى الربيع «مايو» حينما ينقل المن المجنح العدوى من الخارج، حيث لا يوجد إلا عدد قليل من المن تقضى الشتاء على الزراعات، بينما تأتى الفترة الثانية لانتشار الفيروس حينما يبدأ تكاثر المن على المحصول، ويقوم بنشره داخل المزرعة نفسها، ويكون ذلك فى الخريف خلال سبتمبر ونوفمبر.

وعند اتباع نظام الرش على أساس إعداد المن، فيجب إجراء الرش فى هذه المواعيد، وهذا الفارق الكبير من يونيو وسبتمبر يعطى فرصة أكبر لاختيار مواعيد الرش بصورة أفضل وأسهل منه فى حالة زراعة بنجر السكر فى أوروبا حيث الفترة قصيرة.

ب ـ الرش بالمعلقات الزيتية:

لقد وجد أنه بعد أن قامت أفراد من المن الحامل للفيروس من وخز أغشية شمعية، انخفضت قدرتها بشكل ملحوظ على نقل فيروس Y البطاطس، وكان من الواضح أن هذا الانخفاض لم يكن للشمع فيه دخل، وإنما للمادة الزيتية الموجودة به، وقد أظهرت مواد زيتية أخرى التأثير نفسه.

ولقد أدت مثل هذه التجارب الى وضع الأساس لاستخدام الرش بالمعلقات الزيتية، كإحدى وسائل مقاومة أو الحد من انتشار الفيروسات النباتية بواسطة المن. ومن الصعوبات التى واجهت استخدام مثل هذه الطريقة هو سمية مثل هذه المعلقات على النباتات، وأيضا كان من الصعب تغطية النباتات تمامًا بواسطة المعلق الزيتى تغطية متجانسة، بما فى ذلك الأسطح السفلى للأوراق أيضا.

وقد قام Loebensten et al سنة ١٩٦٤ بإجراء تجارب فى الصوب الزجاجية، ووجدوا أن رش الخيار بمعلق مائى ١٪ من الزيت المناسب، مع إضافة مادة ناشرة قد أدت إلى وقاية نباتات الخيار من الإصابة بفيروس موزايك الخيار، الذى ينتشر بواسطة حشرات من القطن *Aphis gossypii*. وبعد ذلك وجد Loebensten ومساعدوه أن الرش بالمعلقات الزيتية يؤدى إلى خفض نسبة انتشار فيروس موزايك الخيار، وأنها تعطى نتائج إيجابية أيضا على المحصول لو كانت الإصابة تحدث فى أول الموسم؛ حيث إن نمو النباتات غير المعاملة قد تأثر

بشدة نتيجة الإصابة ولم ينتج عن استعمال هذه المعلقات أى تأثير ضار على النباتات خصوصا فى ظروف الرى بالرش.

وأغلب التجارب التى أجريت على مدى إمكانية استخدام المعلقات الزيتية فى الرش الوقائى ضد الفيروسات أجريت على الفيروسات المحمولة على الإبر الفكية، ولكن وجدت نتائج إيجابية أيضا مع بعض الفيروسات الأخرى مثل فيروس اصفرار بنجر السكر Sugar beet yellows.

وبعض الزيوت لها تأثير متخصص فزيت الذرة مثلاً يمنع نشر فيروس موزايك بنجر السكر بواسطة من الخوخ الأخضر *M.persicae* ، ولكنها لاتؤثر على نقل فيروس اصفرار بنجر السكر. ولم يزل إلى الآن غير واضح ميكانيكية تأثير المعلقات الزيتية على نقل الفيروسات بواسطة المن. إلا أنه وجد أن الزيوت التى يحتوى الجزئ منها على ١٦ أو أقل من ذرات الكربون تكون غير فعالة، وقد يرجع ذلك إلى قابليتها للتطاير. وإلى جانب ذلك فإن رش النباتات بالمعلقات الزيتية يجعل من الصعب على حشرات المن أن تكتسب الفيروس؛ حيث وجد أنه فى ظروف معينة أن رش النباتات المصابة والسليمة بالمعلقات الزيتية يؤدى إلى خفض نسبة الإصابة الفيروسية الواردة من الخارج.

ويعرف حتى الآن أكثر من عشرة فيروسات من مجموع ١٠٠ فيروس، تنتقل على الإبر الفكية للمن تجدى معها طريقة الرش بالمعلقات الزيتية. وهذه المعاملة تعتبر اقتصادية فى حالة الفيروسات التى تسبب خسائر سنوية كبيرة فى الحصول. وتتفوق المعلقات الزيتية على المبيدات الحشرية فى أن الأولى لا تعتبر سامة بالنسبة للحيوانات أو الإنسان.

جـ ـ المقاومة غير الكيماوية للحشرات الناقلة:

لقد اختبر عديد من الوسائل التى تعمل كسياج، يمنع الحشرات الناقلة من الوصول إلى محصول ما أو إزعاجها. ففى بعض الأحيان تحمى النباتات الطويلة أو العالية النباتات الصغيرة من الإصابة بالحشرات وبالتالى الفيروسات. وهذا ما يحدث عند زراعة الذرة مع الكوسة فى مكان واحد. وقد وجد أن هذه المحاصيل الواقية او السياجية تلعب دوراً مهمًّا فى

ظروف معينة فى خفض نسبة الإصابة بالإمراض الفيروسية، فقد وجد Broabent سنة ١٩٥٧ أنه إذا ما زرع حول الكرنب عدة خطوط من الشعير ضيق الأوراق؛ بحيث تكون المسافة بين كل خط وآخر ٣٠ سم فإن نسبة الإصابة بالفيروس فى حقل الكرنب تنخفض بنسبة ٢٠٪ ومن المعروف أن الشعير لا يصاب بالفيروسات التى تصيب الصليبيات.

وهنا فإن عدداً كبيراً من المن القادم من خارج المزرعة يهبط على الشعير «المحصول الواقى» وتحاول ان تتغذى عليه أو تطير مرة أخرى، فلو هبطت بعضها على الكرنب فإنها تكون لحد كبير فقدت أى فيروس غير باقٍ أى محمول على الإبر الفكية، عند بداية تغذيتها على الشعير.

وقد وجد Nitzany سنة ١٩٦٤ أن بعض النباتات العشبية فى وادى الأردن من الممكن أن تحمى الخيار من الإصابة بفيروس موزايك القرع العسلى الذى ينتقل بواسطة الذباب الأبيض. وقد وجد أن استخدام هذه النباتات حول وبين مزرعة الخيار يؤدى إلى خفض نسبة الإصابة بهذا الفيروس بدرجة ملحوظة، كما زاد المحصول زيادة كبيرة.

كما توجد بعض المعلومات التى تشير الى استخدام اشرطة الالمونيوم لحماية بعض الزراعات من المن الناقل للفيروسات؛ حيث يعتقد أن الحشرات التى تقترب من هذا الحقل تزعجها الأشعة فوق البنفسجية التى تعكسها مثل هذه الأشرطة. وعلى حد قول Smith سنة ١٩٦٤ أنه عند وضع هذه الأشرطة على خطوط وسط الجلاديولس، انخفضت أعداد المن بما يوازى ٩٥٪، كما انخفضت نسبة الإصابة بفيروس موزايك الخيار إلى حوالى الثلث.

ومن ناحية أخرى عندما استخدمت هذه الوسيلة لحماية الشمام، لم تؤد إلا إلى تأخير ظهور الأعراض لفيروس موزايك البطيخ، كما استخدمت هذه الطريقة لإنتاج أنواع عالية القيمة من الكريزانثيم ولكن دون جدوى.

د ـ وقاية النبات باستخدام المفترسات وطفيليات الحشرات:

من المعروف أو من غير المشكوك فيه أن المفترسات والطفيليات تلعب دوراً كبيراً فى الحد من أعداد المن. وفى بعض الأحيان يؤدى ظهور المفترسات إلى الحد من انتشار فيرس ما إذا

ظهرت قبل الهجرة الأولى للمن؛ حيث إن الفترة الأولى هى أهم فترة لانتشار الفيروس، ومع ذلك فإنه عادة ما يكون تأثير مثل تلك المفترسات غير كبير.

إلا أن Stubbs سنة ١٩٥٦ يرى أن فيروس التقزم المخطط فى الجزر الذى يظهر بصورة وبائية فى أستراليا لا يسبب مثل هذا الضرر فى كاليفورنيا، ويعزى ذلك إلى وجود بعض المفترسات التى تفترس حشرات المن *Cavariella aegopodii* ، بينما لا توجد مثل هذه المفترسات فى أستراليا. ومنذ وقت قريب قاموا بجلب أحد هذه المفترسات الى ولاية ملبورن؛ مما أدى إلى اختفاء المن، وأصبح هذا المرض لا يسبب خسائر كبيرة فى الولاية.

ثانيا: النيماتودا الناقلة:

عند معاملة التربة بالمبيدات النيماتودية يجب أن يوضع فى الاعتبار وقاية النباتات من الفيروسات التى تنتشر بواسطة حيوانات النيماتودا. وحيث إن تحرك وانتشار النيماتودا يحدث عادة ببطء فانه يجب أن يوضع فى الاعتبار أن تأثير هذه أو تلك من المعاملات يجب أن يستمر لفترة أطول من فترة تأثير المبيدات الحشرية. ومن ناحية أخرى كما يقول Sol سنة ١٩٦٣ إن النيماتودا الحاملة للفيروس من الممكن أن توجد على أعماق كبيرة فى التربة قد تصل الى ٨٠-١٠٠سم. وبالتالى فمن الممكن جدا ان تتلوث التربة المعاملة مرة أخرى عن طريق النيماتودا القادمة إليها من الاعماق؛ أى من تلك الأماكن التى لم يصل إليها تأثير المبيد أو حيث هاجرت واختبأت بها حتى لا يصل إليها تأثير التدخين.

وقد أجرى Harrison **et al** سنة ١٩٦٣ تجارب حقلية فى بعض المناطق فى جنوب إنجلترا وأوضحوا أن نتائج المعاملة الصيفية للتربة بواسطة داى كلوروبروبان داى كلوروبروبين «D.D» أو ميثايل بروميد بمعدل ١٠٠٠كم للهكتار أدى إلى موت أكثر من ٩٩٪ من النيماتودا *X. diversicaudatum* الموجودة فى التربة. كما أدت المعاملة إلى خفض نسبة إصابة الشليك بفيروس موزايك الأرابيس Arabes mosaic virus. وكان الشليك قد زرع بعد التدخين وفحصت خلال ١-٣ سنوات. وعند استخدام المبيدين المذكورين لوحظ موت النيماتودا حتى عمق ٧٠ سم، وهو أكبر عمق أخذت عنده العينات. وقد لوحظ أن هناك علاقة طردية بين نسبة الإصابة فى النباتات المزروعة فى المناطق المعاملة بالتدخين، وبين

أعداد النيماتودا التى تظل نشطة. فقد وجد أن حينما قتل ٩٩٪ من النيماتودا تنخفض نسبة الإصابة بنسبة ٩٧٪، وعندما قتل ٩٠٪ من النيماتودا، تنخفض نسبة الإصابة بمعدل ٦٥٪، ويجب أن يراعى أن نجرى عملية تدخين التربة مرة واحدة كل عدة سنوات؛ حيث وجد Taylor و Murdnt سنة ١٩٥٦ أن تدخين التربة مرة واحدة بواسطة D.D أو بنتاكلورونيتروبنزين «BCNP» تحمى تماما الشليك من الإصابة بفيروس النقط الحلقية السوداء فى الطماطم، وفيروس التنقط الحلقى فى الشليك الأمريكى، وهذين الفيروسين ينتقلان بواسطة نيماتودا *L.elongatus* ، وكان أفضل المبيدات هو المبيد BCNP حيث إنه لم يحدث أى تأثير على نمو النباتات، ولأنه لوحظ أن المعاملة بمبيد D.D تؤدى إلى زيادة حساسية النباتات للإصابة بفطر Botrytis فى الأوقات الرطبة؛ وحيث إن نيماتودا *Longidorus elongatus* ذات مجال عوائلى واسع للغاية من بين النباتات المزروعة والبرية، فإنه لا يمكن مقاومتها باتباع الدورة الزراعية فقط، حتى إذا تركت الأرض بوراً فإن هذه النيماتودا من الممكن أن تعيش فترة طويلة فى التربة دون أن يتوفر لها الغذاء. ولا يمكن تخليص التربة من هذه النيماتودا إلا باستخدام المبيدات النيماتودية، ولذلك فطريقة المقاومة الكيماوية هى الوحيدة، التى يمكن استخدامها فى مقاومة الفيروسات التى تنتشر بواسطة هذا النوع من النيماتودا، ولكن الثمن المرتفع لمثل هذه المبيدات يحد كثيراً من استخدامها، ومن الممكن استخدامها بصورة اقتصادية فى محاصيل معينة خصوصاً أشجار الفاكهه.

ثالثاً: الفطريات:

لقد وجد أنه عند زراعة الخس العادى فى الصوب أن نسبة الإصابة بفيروس العرق الكبير Big vein of lettuce تنخفض بدرجة ملحوظة، إذا ما دخنت التربة قبل الزراعة بمخلوط من الكلوروبكرين و D.D.C، وقد أجريت فى الحقل تجارب ناجحة لحد ما للتخلص من فطر *Olpidium*، وهو الفطر الناقل لهذا الفيروس. وقد وجد Mckittrlck وMarial سنة ١٩٦٤ أنه عند معاملة المساحات المزروعة بواسطة BCNP بمعدل ٨٠كم هكتار، فإن اصابة نباتات الخس بفيروس العرق الكبير تنخفض الى النصف، وقد امتد تأثير هذه المعاملة لمدة عامين إلا

أن نضج النباتات تأخر بعض الشيء.

رابعاً : الإنسان:

يعتبر الإنسان هو الناقل الإساسى لبعض الفيروسات، خصوصا تلك التى تنتقل ميكانيكيا مثل فيروس TMV اثناء عملياته الزراعية والعناية بمحصوله، فلو كانت نباتات مثل الدخان والطماطم مصابة فعلا بفيروس TMV فيكون من الصعب جدا الحد من انتشاره خصوصا عند تزاحم النباتات وتلامسها. وينصح الزراع باتخاذ بعض الاحتياطات أثناء إجراء عملياتهم الزراعية، وذلك بغسل وتطهير الأيدى، ويستخدم لهذا الغرض محلول ٣٪ اورثوفوسفات الصوديوم . ويرى Malholland سنة ١٩٦٢ أنه إذا ما استخدمت سكاكين خاصة فى تقطيع النباتات أو حشها، فإنه يمكن الحد من انتشار فيروس TMV بدرجة ملموسة، وهذه السكين تكون مزودة بيد منتفخة من البلاستيك تملأ بمحلول ١٠٪ فوسفات الصوديوم، مع إضافة مادة منظفة ووقت العمل فإن المحلول ينساب ببطء على حد السكين. كما أن ملابس العمل تلوث بشدة بفيروس TMV ، ومنها ينتشر الفيروس عند تلامس الملابس الملوثة مع النباتات السليمة.

كما يمكن للفيروس أن يعيش طويلا على الملابس المحفوظة فى الأماكن المظلمة المقفلة لمدة حوالى ثلاث سنوات. ولكن إذا ما وضعت هذه الملابس تحت أشعة الشمس فإنه يفقد حيويته خلال بضع أسابيع. وعلى العموم فإن التطهير التام للملابس يتم باستعمال الغسيل على الناشف (البخار)، أو وضعها فى إناء يغلى مع وضع منظف أو مطهر. ويعتبر فيروس TMV من أثبت الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيا، ومع ذلك توجد فيروسات أخرى أقل منه ثباتًا، وتنتقل على سكين التقطيع التى تستخدم فى قطع أوتقليم النباتات، وبهذه الطريقة ينتشر فيروس تبرقش التيوليب وفيروس X البطاطس، وفيرويد الدرنات المغزلية فى البطاطس وبعض فيروسات الجلاديولس.

استخدام الأصناف المنيعة أو المقاومة:

بالنسبة للحيوانات الراقية فإنه يترتب على شفاء الحيوان من المرض الفيروسى ، أنه

يكتسب مناعة ضد العدوى بهذا الفيروس لفترة قد تطول أو تقصر، وفى هذه الحالة يشترك نوعان من الأنظمة الدفاعية. فى المراحل الأولية للعدوى ينشط فى الخلية المصابة تمثيل البروتين ذى الوزن الجزيئى المرتفع، والذى يملك القدرة على إيقاف تضاعف الفيروس ويعرف هذا البروتين بأسم انترفيرون Interferon، والذى ينتج بناء على شفرة من جينات الخلية وفى المراحل المتأخرة من العدوى يتم تمثيل وإنتاج الأجسام المضادة، وهى أجسام متخصصة ضد المسبب المرضى الذى دخل إلى الجسم. وهذه الاجسام المضادة Antibodies هى بعينها التى تؤدى إلى شفاء الحيوان، بل واكتسابه للمناعة ضد العدوى التالية بالمسبب المرضى نفسه.

ولقد أظهرت الدراسات الحديثة التى تناولت تشكيلات مختلفة من العوائل النباتية والفيروسات التى تسبب ظهور النقط الموضعية Local Lesions أنه لدى بعض النباتات القدرة على تمثيل مواد ما، لها القدرة على تثبيط قدرة الفيروس على التزايد العدوى. ويرى البعض أن هذه المواد من حيث بعض الصفات متشابهة مع الانترفيرون السابق الإشارة إليه فى الحيوانات التى تصاب بالفيروسات. إلا أنه الى الآن لم يمكن إثبات وجود خط الدفاع الثانى الذى يشابه الأجسام المضادة فى الحيوانات. وهذا ما يفسر بقاء الفيروس نشطًا فى الخلايا النباتية حتى نهاية حياة هذه النباتات على عكس الحيوانات، التى يختفى منها الفيروس بمجرد الشفاء.

ويمكن للنباتات أن تكتسب مقاومة ضد العدوى الثانية للفيروس نفسه، أو إحدى سلالاته بطريقتين، وأولى هذه الطرق قد يرجع إلى أن الفيروس يوجد فى جميع أعضاء النبات أو اغلبها، وبهذا فهو يمنع دخول أو يقاوم دخول السلالات الأخرى من هذا الفيروس، وهذا المظهر يطلق عليه Non Sterile acquired resistance -- أما الطريق الثانى للمناعة أو المقاومة المكتسبة فى النباتات، فينحصر فى أنه يصاب أحد أجزاء النبات بفيروس ما إن الأجزاء سواء البعيدة أو القريبة من العضو المصاب تكتسب مناعة ضد الإصابة للفيروس نفسه، والسلالات القريبة له، وقد تكتسب مناعة أيضًا ضد فيروسات أخرى قريبة للفيروس المعدى، ويطلق على هذا المظهر اسم Sterile acquired resistance.

ولقد وجد Yarwood سنة ١٩٥١ وسنة ١٩٦٢ المظهر التالى: إذا لقحت أوراق الفاصوليا بفيروس TMV فإنه بعد ثلاثة أيام لو أعيد تلقيح الأوراق بهذا الفيروس نفسه.. فإن النقط المحلية التى تظهر نتيجة للعدوى الثانية، تكون متباعدة عن النقط المحلية التى تكون قد ظهرت نتيجة للتلقيح الأول، وقد درس هذا النوع من المقاومة المكتسبة بواسطة Ross ومساعديه سنة ١٩٦٣ عند إصابة نباتات الدخان من صنف سمسون بواسطة فيروس TMV ، وكذا عند إصابة الفاصوليا صنف بنتو بواسطة فيروس نيكروزيس الدخان . Tob necrosis. وفى التجارب التى أجريت على الدخان فإنه عند تلقيح الأوراق السفلى وبعد مضى عدة أيام أعيد تلقيح الأوراق نفسها، وكذا الأوراق العليا بالفيروس نفسه، وقد تم الحكم على المقاومة المكتسبة بصغر قطر النقط المحلية، وفى أحيان أخرى بعدد النقط الموضعية. وبالنسبة للفاصوليا تم تلقيح إحدى الورقتين الأوليتين، وبعد عدة أيام تم تلقيح الورقة المقابلة لها.

ولقد أوضح Ross انه فى منطقة قطرها ١-٢ مم حول النقطة الموضعية، التى يسببها فيروس TMV على أوراق الدخان من صنف سمبسون تظهر مقاومة عالية لهذا الفيروس. وقد اتسع نطاق هذه المنطقة وزادت مقاومتها فى غضون الأيام الستة التالية للتلقيح، كما ظهرت أعلى مقاومة لدى النباتات التى زرعت عند درجة حرارة تتراوح بين ٢٠ - ٢٤°م، ولم تلاحظ أى مقاومة مكتسبة عند درجة حرارة ٣٠°م. كما وجد Ross انه عند تلقيح أوراق الدخان بفيروس S البطاطس، وإعادة تلقيحها بفيروس X البطاطس، لم تظهر أى نقط محلية، ومعنى ذلك أن الإصابة بفيروس تعطى أيضًا مناعة لفيروس آخر غير قريب أو غير شقيق، إلا أن هذا النوع من المقاومة المكتسبة غير متخصص بالنسبة للفيروس، فعلى سبيل المثال المناطق المحيطة بالنقط الموضعية المتسببة عن فيروس TMV كانت مقاومة لفيروس نيكروزيس الدخان Tob. Necrosis وكذلك بالنسبة لفيروسات أخرى، إلا أنها لم تكن كذلك بالنسبة لفيروس موزايك اللفت.

وقد أولى Ross سنة ١٩٦٤ أهمية خاصة لمناطق المقاومة التى تظهر على مسافة معينة من النقط الموضعية؛ حيث إن المقاومة لم تظهر فقط فى الأجزاء غير الملقحة، ولكنها ظهرت أيضًا فى الأوراق الأخرى على النبات نفسه؛ حيث كان قطر النقط الموضعية فى هذه الحالة

بمثل $\frac{1}{2}$ قطرها على أوراق المقارنة. إلا أن عدد النقط على أوراق الدخان من صنف سمسون الملقحة بفيروس TMV لم يتغير، ويرى Ross أن المقاومة قد اكتسبت فى غضون ٢-٣ أيام، وتصل إلى الحد الأقصى فى اليوم السابع، واحتفظ النبات بها لمدة ٢٠ يومًا بعد العدوى. أما الأوراق التى ظهرت بها المقاومة، فكانت خالية من الفيروس قبل بداية العدوى الثانية، إلا أنه لم يتوصل أحد حتى الآن إلى اكتساب النبات المناعة أو المقاومة المطلقة. وعند درجة حرارة ٣٠°م فإنه لا يلاحظ أى أثر للمقاومة المكتسبة، كما أن هذه المقاومة لا تظهر فى حالة التلف الميكانيكى أو الكيماوى الذى يؤدى إلى موت الخلايا ولا حتى فى حالة الإصابة بالفيروسات التى لا تسبب ظهور نقط موضعية.

ولقد أدى تلقيح نباتات الدخان بفيروس موزايك الدخان TMV إلى إكساب النباتات مقاومة لهذا الفيروس، وكذا لفيروس نيكروزيس الدخان وبعض الفيروسات الأخرى.

كما ظهرت أيضا مقاومة مكتسبة غير متخصصة عند ظهور نقط محلية على نباتات الفاصوليا والبسلة وقد وجد Lobstein مظهرًا للمقاومة المكتسبة الجهازية فى نباتات الداتورة التى لقحت بفيروس موزايك الدخان، وفى نباتات المدنة *G. globosa* الملقحة بفيروس X البطاطس، وكلاهما ظهرت عليه نقط موضعية، وفى الحالتين عند تلقيح الأوراق الأخرى قل عدد النقط المحلية بشكل ملحوظ عند تلقيحها بالفيروسات نفسها. وعند معاملة الفيروس بمستخلص هذه الأوراق انخفضت قدرتها على العدوى أيضا بشكل ملحوظ.

ووصل روس الى خلاصة تنحصر فى أن تأثير العدوى الأولى على عدد النقط المحلية (الموضعية) يظهر متأخرًا ويتراوح هذا التأثير فى حدود واسعة. ويرى روس أيضًا أن انخفاض عدد النقط المحلية يرجع إلى أنه على الأوراق التى اكتسبت مقاومة، يكون قطر النقط الموضعية صغيرا جدا بدرجة، لا تسمح برؤيتها أوحصرها وبالتالى يقل عددها.

ويعتقد أن ظهور المقاومة المكتسبة الجهازية يتوقف على انتشار مادة ما أو مواد فى أنسجة النبات الملقح بفيروس ما. ولقد أجرى روس تجارب مكثفة لإثبات ذلك.. فقد قام بقطع العرق الوسطى للورقة العليا لنبات الدخان، وقد وجد أن أجزاء الورقة التى تلى هذا الجزء لا تظهر أى مقاومة نتيجة لتلقيح الجزء العلوى.

وسوف نتكلم فيما بعد عن العوامل الوراثية التى تحدد المقاومة والمناعة أو الحساسية، عند النباتات للعدوى فإن إدخال جينات المقاومة إلى نباتات أصناف معينة، ثم توالى إكثار النباتات المنيعة أو المقاومة بعد ذلك يعتبر من أهم وسائل مقاومة الأمراض الفيروسية، وقد عملت محاولات لهذا الغرض لمقاومة مختلف الأمراض النباتية. وعلى الرغم من أن جينات المقاومة أو المناعة يمكن إظهارها عادة وبسهولة لحد ما، إلا أنه من الصعب نقل هذه الجينات إلى نباتات الأصناف المرغوبة. وأحيانًا يلاحظ أن نباتًا ما منيعًا لفيروس ما، على الرغم من أن جميع الأصناف تكون حساسة لهذا الفيروس . فعلى سبيل المثال فإن بادرات البطاطس من صنف USDA 41956 تعتبر منيعة لفيروس x البطاطس . كما أن بعض أصناف الشليك وجدت منيعة لأخطر الفيروسات التى تنتقل عن طريق التربة.

ولقد توجت بعض الأعمال التى أجريت لإنتاج الأصناف المقاومة للفيروسات بنجاح كبير، فلقد كان فيروس موزايك قصب السكر من أهم الفيروسات المحددة لإنتاج هذا المحصول، حتى أمكن إنتاج الأصناف المقاومة. P. O.J ، والتى على أساسها أمكن إنتاج أصناف جديدة مقاومة « Summers et al 1964 » ، وفى الوقت نفسه لم يتمكن Russell سنة ١٩٦٠ من الحصول على أى نبات مقاوم لفيروس اصفرار بنجر السكر من بين ١٠٠,٠٠٠ نبات قام بفحصها. ولكنه عاد مؤخراً وأعلن أنه تمكن من العثور على بعض النباتات المقاومة لهذا الفيروس من بين السلالات المتحملة Tolerant من هذا المحصول سنة ١٩٦٦.

وأحيانًا ما تظهر المقاومة الحقلية Field resistance على بعض الأصناف ذات الحساسية المفرطة للعدوى Hypersensitive؛ حيث فى هذه الحالة تظهر على النباتات نقط محلية Local Lesions ، ولكن العدوى الجهازية لا تظهر. فعلى سبيل المثال وجد أن بعض السلالات من نباتات الدخان *N.tabacum* تعطى نقطا محلية عند عدواها بفيروس موزايك الدخان، ويعتبر هذا هو التفاعل المميز لهذا الفيروس مع *N. glutinosa* كما نعرف. ويجب أن نشير إلى أن المقاومة الحقلية فى هذا أو ذاك من المحاصيل، من الممكن أن تتسبب عن موت النباتات الفردية التى تصاب بالفيروس، وينتج عن ذلك استبعاد مصدر العدوى داخل الحقل.

وإذا تعذر إيجاد الأصناف المقاومة أو المنيعة لهذا الفيروس أو ذاك من بين العوائل النباتية، فإنه فى هذه الحالة يلجأ الباحثون إلى البحث عن الأصناف المتحملة Tolerant لفيروسات معينة، وقد أمكن التوصل إلى أكثر من ٣٠ نوعًا من النباتات المزروعة، والتى تعتبر متحملة لفيروسات محددة.. إلا أنه يجب أن يكون معروفا أن اللجوء إلى مثل هذه الأصناف يعطى نتائج أقل بكثير من النتائج المطلوبة لحل المشكلة أو المقاومة من تلك النباتات، التى تملك جينات المقاومة أو المناعة، **وهناك عدة أسباب لذلك، منها:**

١ – أن قابلية الأصناف المتحملة للعدوى يجعلها مصدراً للعدوى، ينتقل منه الفيروس إلى النباتات الأخرى الحساسة، ولذلك فإن الجمع بين العوائل المتحملة والحساسة لفيروس فى منطقة واحدة يسهل انتشار الفيروس فى المنطقة، ويعطى نتائج غير مرغوبة.

٢ – الانتشار الواسع للفيروس بين النباتات أثناء الموسم يؤدى إلى زيادة عدد النباتات المصابة بالفيروس؛ مما يجعل من السهل ظهور سلالات من الفيروس تلغى تأثير التحمل.

٣ – تؤدى العدوى الفيروسية إلى زيادة حساسية النباتات للإصابة بالفطريات، ومع ذلك فإن الأصناف المتحملة تعطى محصولاً أكبر إذا ما قورنت بالأصناف الحساسة فى حالة ما إذا كانت الإصابة الفيروسية تؤدى إلى خسائر كبيرة فى الظروف العادية، وإذا ما وجد بين النباتات كثير من مصادر العدوى التى يصعب إزالتها. كما يمكن استخدام الأصناف المتحملة بنجاح إذا ما كان المحصول من بين المحاصيل الحولية مع استخدام تقاوٍ خالية من الفيروس عند الزراعة. فعلى سبيل المثال تعتمد زراعة بنجر السكر فى كاليفورينا على استخدام الأصناف المتحملة لفيروس تجعد القمة. كما تستخدم بنجاح أصناف الشعير المقاومة لفيروس التقزم الأصفر، وكذا تستخدم أصناف القطن الأكثر تحملاً لفيروس تجعد الأوراق.

وتتوقف حالة بعض الأصناف فى الحقل على ما إذا كانت هذه أو تلك من الأصناف التى تعتبر جاذبة أو غير جاذبة للحشرات الناقلة. فإذا ما زرعت أصناف مختلفة من محصول ما

فى ظروف متشابهة توجد بها نسبة إصابة مختلفة بفيروس ما، فقد يكون ذلك راجعًا الى أن بعض تلك الأصناف يكون أكثر جذبًا للحشرات من غيرها. ولذلك فإنه تحت ظروف الحقل لا يمكن التمييز ما بين الأصناف من حيث هل أن الصنف مقاوم أو حساس للفيروس، أو أنه أقل أو أكثر جذبًا للحشرات الناقلة.

وتنحصر الصعوبة الأساسية فى إنتاج الأصناف المقاومة للفيروسات فى إمكان ظهور سلالات جديدة من الفيروس، أو حتى الناقل الحشرى الذى تعتبر هذه الأصناف حساسة له.

ويرى Giddings سنة ١٩٤٧ أن أصناف بنجر السكر التى كانت سابقًا مقاومة لفيروس تجعد القمة Curly top فقدت هذه الصفة بعد ذلك.

كما أن الأصناف المقاومة أو ذات الحساسية المفرطة لفيروس ما فى منطقة ما من الممكن أن تكون حساسة لسلالات أخرى من هذا الفيروس تنتشر فى مناطق أخرى، ولقد وجد Hutton سنة ١٩٤٨ أن بعض سلالات البطاطس كانت ذات حساسية مفرطة؛ أى تعطى نقطًا محلية لفيروس x المنتشر فى أستراليا، وعندما نقلت إلى إنجلترا فقدت هذه الخاصية.

ويعتقد أن جين L الذى اكتشف فى نباتات الفلفل يحمى هذا المحصول من الإصابة الجهازية بجميع سلالات فيروس موزايك الدخان، إلا أن Greenleaf et al. سنة ١٩٦٤ وجد أن إحدى سلالات فيروس موزايك الدخان تصيب هذا أو تلك من أصناف الفلفل، إصابة جهازية مع أنها تحمل هذا الجين.

كما تزداد الصعوبة عند انتخاب الأصناف المقاومة إذا ما كان الانتخاب يستهدف سلالات عديدة وليس سلالة واحدة، وكذلك ضد فيروسات عديدة وليس فيروسًا واحدًا.

وتظهر مشكلة السلالات الفيروسية فى عملية انتخاب الأصناف المقاومة فى التجارب التى قام بإجرائها Rast سنة ١٩٦٧، فقد قام بعدوى ٣٠ سلالة من نباتات *Lycopersicum purvianum* بأكثر من ٦٤ عزلة مختلفة من فيروس موزايك الدخان، وقد كانت هذه العزلات مأخوذة من هذه أو تلك من سلالات فيروس موزايك الدخان، على أساس أعراضها على الدخان و الطماطم؛ إذ اختلفت هذه العزلات فيما بينها من حيث إصابتها لسلالات

النبات المذكورة، والتى كانت حساسة لها جميعا؛ فقد كانت كل سلالة نباتية حساسة لواحدة على الأقل من هذه العزلات.

ولهذا فإنه فى حالة زراعة الصنف الذى يعتبر مقاومًا لفيروس ما، فإنه يجب أن يراعى عند زراعته استخدام الوسائل التى تمنع اجتماع النباتات والفيروس، أو تقليل ذلك إلى أدنى حد ممكن، فلقد ذكر Dawson سنة ١٩٦٧ أنه عند زراعة أصناف الطماطم المقاومة لفيروس موزايك الدخان.. فإن الفيروس يظل لعدة أسابيع قادرا على الانتشار خلال النبات جهازيا، ووجد فيها بتركيزات ضئيلة جدًّا، ومع ذلك فلقد وجد أن العصير المستخلص من هذه النباتات المقاومة يعتبر أشد قدرة على عدوى النباتات المقاومة السليمة أكثر من العصير المستخلص من النباتات الحساسة، كما أظهرت النباتات المقاومة أعراضًا عند إصابتها بواسطة هذا العصير.

استخدام السلالات الضعيفة من الفيروس:

فى بعض الأحيان تؤدى إصابة النباتات بالسلالات الضعيفة من فيروس ما إلى منع إصابة هذه النباتات بأشد سلالات هذا الفيروس، ولذا فقد اقترح بعض الباحثين عدوى النباتات بالسلالات الضعيفة كإحدى وسائل مقاومة الإصابة بالسلالات الفيروسية الشديدة، والتى تحدث خسائر كبيرة، إلا أن **هذه الوسيلة لا يمكن استخدامها إلا فى حالات الإصابة الشديدة، ولا يمكن النصح باستخدام هذه الطريقة فى الظروف التطبيقية لعدة أسباب، منها:**

١ – هذه السلالات التى تعتبر ضعيفة تؤدى هى الأخرى إلى خفض فى المحصول، يتراوح بين ٥ - ١٠٪.

٢ – العدوى الصناعية للنباتات تجعل منها مصدراً، تنتقل منه العدوى إلى المحاصيل المجاورة التى قد تكون حساسة لهذه السلالات، وتحدث بها خسائر كبيرة، خصوصًا إذا كان الفيروس ذا مدى عوائلى واسع.

٣ – من الممكن أن تتغير السلالة فى بعض النباتات، وتتحول إلى سلالة شديدة.

٤ – قد تزيد العدوى بالسلالات الضعيفة من حساسية النباتات للإصابة بفيرسات أخرى شديدة، وفى هذه الحالة تؤدى الإصابة المشتركة بأكثر من فيروس إلى خسائر جسيمة فى المحصول. ويعتقد Broadbent أنه حيث إن العدوى المتأخرة للطماطم فى الصوبة بفيروس موزايك الدخان تؤدى إلى خفض كبير فى نوعية الطماطم وقيمتها التجارية، إذا ما قورنت بالإصابة المبكرة، ولذا فإنه يرى أنه فى حالة المزارع التى يظهر بها ذلك باستمرار من الممكن عدوى النباتات بالسلالات الضعيفة، ومع ذلك فالعثور على ما يسمى بالسلالات الضعيفة من فيروس موزايك الدخان يعتبر عملية غاية فى الصعوبة.

استخدام المواد المضادة للفيروسات Antiviral Preparations :

لقد بذلت جهود كبيرة للعثور على تلك المواد المثبطة التى إما أنها تمنع الإصابة أو تعوق تزايد الفيروس عدديا إذا ما حدثت الإصابة؛ أى تلك المواد التى تؤثر على الفيروس تأثيراً مباشراً مثلما تفعل المبيدات الفطرية فى حالة الفطريات الممرضة للنباتات، وقد سبق أن ذكرنا أنواع المركبات وناقشنا تأثيرها، **وتنحصر العقبات الأساسية فى البحث عن هذه المثبطات فيما يلى:**

١ – إن المادة المثبطة لابد إما أنها تمنع حدوث الإصابة، أو تمنع تضاعف الفيروس عدديا مع عدم إحداث أى ضرر للنبات نفسه، ويعتبر ذلك أهم عقبة، لأن تزايد الفيروس عدديا يرتبط ارتباطًا وثيقًا بالعمليات الحيوية، التى تتم فى الخلية النباتية؛ مما يجعل من الممكن جدًّا أن أى مادة تمنع تكاثر الفيروس تؤدى بالتالى إلى الإضرار بالنبات. والحالة الوحيدة التى تخص الفيروس هى عملية تزايد الـ RNA ، ولذلك فإذا وجدت تلك المثبطات التى تعوق هذه العملية وحدها دون أن تؤثر على العمليات الأخرى داخل الخلية، فمن الممكن أن تكون ذات فائدة فى مقاومة الإصابة الفيروسة، ومن المعروف أن 2-Thiouracil له القدرة على منع تمثيل حمض RNA الفيروسى، إلا أن له مع الأسف أضراراً أخرى جانبية.

٢ – ولمنع الإصابة التى تتم بواسطة الحشرات.. فإن المواد المضادة للفيروس، لكى تكون فعالة لابد أن يكون ساريًا فى أوعية النبات، وقد سبق أن ذكرنا أن المواد التى تعامل بها

الأوراق فقط تؤثر تأثيرا جزئيا ضد الفيروس أو الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيا مثل فيروس موزايك الدخان.

٣ – المادة أو التحضير السارى فى العصارة لابد أن يظل فعالاً لفترة طويلة نسبيا؛ لأن الاستخدام المتكرر لمثل هذه المواد يجعلها غير اقتصادية، كما أن الكثير من المواد التى يعرف لها تأثير مضاد للفيروس، تفقد هذه الخاصية داخل النبات.

٤ – كما لابد أن يكون من الممكن إنتاج مثل هذه المواد على نطاق تجارى واسع وأن يكون رخيص الثمن، ويتوقف ذلك بالطبع على المحصول وعلى الفيروس، وإلا فإنه لن يمكن استخدامه حتى فى حالة المحاصيل ذات القيمة العالية، والتى تزرع فى الصوب.

٥ – وحتى يمكن استخدام المستحضرات المانعة للفيروس على محاصيل كثيرة، فلابد أن يكون مستوفيا لمتطلبات الأمان الصحى بالنسبة للمحاصيل، التى تستخدم فى غذاء الإنسان والحيوان، ولقد ظهر أن كثيراً من المواد التى أظهرت تأثيراً ضد الفيروس غير مجدية لأن لها تأثيرات ضارة على صحة الإنسان والحيوان.

وفى الوقت الحالى يرى الباحثون أن محاولة مقاومة الفيروس بواسطة المبيدات الحشرية الجهازية لمقاومة الناقلات أفضل بكثير من المواد، التى تؤثر على الفيروس تأثيراً مباشراً داخل النبات.

انتشار الفيروسات ومقاومتها فى الصوب «البيوت المحمية»:

تنتقل الفيروسات بطرق مختلفة – وتحدد طريقة الانتقال الانتشار الطبيعى للفيروس ومعرفة كيف يوجد المرض تجريبيا. وفى الطبيعة تنتشر الفيروسات بالتلامس أو بالنقل بالعصير الذى يعرف بالنقل الميكانيكى، وكذلك بواسطة البذور وبالنواقل مثل المن والتربس والنطاطات وبواسطة الفطر والنيماتودا والحامول. وتعتبر النواقل خاصة المن مهمة جداً بالنسبة لانتشار الفيروسات فى الطبيعة.

إن التلوث بالفيروسات يوجد فى الصوبة كما يوجد فى الحقل. وحتى فى الصوبة التى تختبر دائما بواسطة الاخصائيين فإن التلوث يظهر من حين لآخر. ربما نتيجة لدخول بعض

الحشرات الملوثة مثل المن أو بعدم توفر الوسائل الصحية إذاما كانت من الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيا . . **ولتجنب التلوث فى الصوبة توجد بعض القواعد التى لابد من اتباعها ، وهى :**

١ ـ لابد وأن تكون الصوبة خالية من الحشرات .

٢ ـ فحص النباتات باستمرار لخلوها من الحشرات خاصة المن . وإذا ما وجد أى نبات مصاب بالحشرات يمكن غمره فى محلول نيكوتين ٢ ر١٪ ، وللوقاية ترش النباتات بمبيد جهازى أو التدخين باستمرار ، وحيث إن المن ربما يصبح مقاومًا للمركبات العضوية الفسفورية ، فإنه يمكن اللجوء إلى المبيدات الحشرية الجهازية أو تجنب الرش الزائد .

وحيث إن الرش بالمبيدات الجهازية يأخذ وقتًا أقل ، فيمكن النصح بالرش بمحلول نيكوتين .

٣ ـ بعض الفيروسات مثل TMV و PVX معدية لدرجة أن الأيدى والأدوات إذا ما لمست النباتات المصابة ثم السليمة تحدث العدوى . وحيث إن هذه الفيروسات فى العصير فيمكن أن تستمر الفيروسات الملتصقة بالأدوات وأدوات الزراعة لمدة طويلة قادرة على الإصابة ؛ لذا يوصى بغسل الأيدى بالماء والصابون إذا كان من الضرورى لمس النباتا المصابة . غسل الأدوات والأوانى المستعملة فى استخلاص الفيروس باستمرار بواسطة الصابون أو محلول ثلاثى فوسفات الصوديوم . ووجد أن غمس الأدوات لمدة ٣٠ ثانية فى محلول مشبع من كلوريد الكالسيوم أو ٣٪ ثلاثى فوسفات الصوديوم أو مخلوط من ١٦٪ صابون أو معلق من bintonite يمنع انتقال بعض الفيروسات مثل فيروس X البطاطس . والأقل تأثيرًا هو كلوريد الزئبق ١ : ١٠٠٠ أو محلول مشبع من كربونات الصوديوم .

والأحسن قليلاً هو كلوريد الكالسيوم عن ثلاثى فوسفات الصوديوم كمطهر للأدوات الملوثة بواسطة فيروس موزايك الدخان ، وكذلك الغمر فى ٧٠٪ كحول إيثانول مطلق ، ثم اللهب ثم الغسيل فى ماء جارٍ سريع مفيد أيضًا .

٤ – يراعى حمل النباتات بأيدى نظيفة غير ملوثة بالفيروس، وكذلك الأدوات ومنع التدخين فى الصوبة، حيث إن موزايك الدخان ربما ينتقل خلال أعقاب السجاير.

٥ – تجنب التلامس بين النباتات بواسطة ترك مسافة كافية بينهما أو فصلها عن بعضها بواسطة شبك بلاستيك أو أحسن بشبك سلك. لا يفضل أن تلمس الأيدى أو خراطيم المياه النبات.

٦ – إذا استعملت التربة أكثر من مرة أو حتى كانت جديدة فربما تحتوى على مواد ملوثة. مثل جزيئات البطاطس الصغيرة أو ناقلات الفيروس. ربما تحتوى التربة الجديدة فيروسات التربة ونواقلها. الأصص الفخارية لابد من تعرضها للبخار، والأصص البلاستيك لابد من غسلها بالماء والصابون، أو بمخلوط من ثلاثى فوسفات الصوديوم والصابون وتشطف بالماء.

٧ – يجب على العمال والعاملات ارتداء صديريات «أوفرول» نظيفة ومعقمة تستبدل يوميا.

٨ – تقليص الزيارات إلى البيوت المحمية «الصوب» قدر الإمكان.

٩ – إلزام الزوار للبيوت المحمية «الصوب» ارتداء صديريات معقمة، وغسل أيديهم قبل الوصول إلى البيوت.

١٠ – ضرورة توعية العاملين فى البيوت المحمية والحقول بأن فيروس مثل موزايك الدخان قد ينتشر عن طريق أحذيتهم وملابسهم وأيديهم؛ لذا من الضرورى تعقيمها وتنظيفها بصورة مستمرة.

١١ – ضرورة امتناع العاملين فى البيوت المحمية عن التدخين أثناء العمل، ويجب غسل أيديهم قبل ملامسة النباتات حيث قد تكون السجائر مصدراً للفيروس . كما يجب ملاحظة عدم وضع الأدوات التى يستعملونها مثل مقص التقليم والسكين وخيوط ربط النباتات فى جيوبهم، التى قد تحتوى على التبغ المنثور من السجائر.

١٢ – يوصى باستعمال وإنتاج أصناف مقاومة أو متحملة ضد الفيروسات.