الباب السادس

علاقة الفيروس بالنبات

RELATION BETWEEN THE VIRUS AND PLANT HOST.

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الأول

دخول الفيروس، وتضاعفه وانتشاره داخل العائل

Invasion, replication and Spread of Virus in the Plant host

على الرغم من المحاولات المتعددة، لم تعرف للآن طريقة للاحتفاظ بمزرعة فيروس على بيئة غذائية صناعية إذ إن حياة الفيروس مرتبطة بوجود خلايا العائل القابل للإصابة، وبذلك فإن الفيروسات ذات علاقة تطفلية إجبارية مع العائل.

بخلاف البكتريا وبعض فيروسات الإنسان والحيوان فليس لفيروسات النبات طريق لدخول الخلايا النباتية إلا عن طريق الجروح؛ إذ إن إصابة النبات دائمًا ما تظهر كإصابة جرحية، إذا لم تؤخذ حالات النقل عن طريق البذور أو عن طريق حبوب اللقاح فى الاعتبار، ويدخل الفيروس النبات عن طريق الجروح الناتجة عن سبب ميكانيكى أو بزيارة الحشرات للخلية أو عن طريق نبات متطفل كالحامول. أما عند رش النبات السليم بمعلق مركز للفيروس أو إدخال الفيروس فى المسافات بين الخلايا عن طريق التفريغ أو عن طريق الثغور فلا تتم الإصابة.

زراعة فيروس النبات:

ويمكن زراعة فيروس النبات فى المعمل بعمل جروح صناعية فى خلايا العائل، بشرط أن تكون هذه الجروح دقيقة جدًا حتى لا تموت الخلايا المجروحة، مما يؤدى إلى عدم حدوث العدوى. تعمل هذه الجروح بواسطة الاحتكاك البسيط لسطح الورقة باليد أو بقضيب من الزجاج ذى قاعدة مبططة خشنة نوعا على هيئة حرف L، وربما تستعمل عدة مواد للمساعدة فى إحداث تلك الجروح مثل الرمل الناعم أو مسحوق الصنفرة Carborandum أو الزجاج المسحوق ترش على سطح الورقة، يلى ذلك حقن النبات بواسطة دهان سطح الورقة بقطعة من القطن أو الشاش مبللة بعصير نبات مصاب.

وبعض الفيروسات التى كان نقلها صعبًا بواسطة مسح سطح الورقة بالعصير مثل فيروس البطاطس، أصبح من السهل نقلها إذا ما استعملنا المواد المساعدة لإحداث الجروح الصغيرة.

وهناك طريقتان للاحتفاظ بمزرعة فيروس نبات:

١ – استعمال نبات قابل للإصابة يزرع فى الصوبة، وعند العمل مع نبات حولى فيمكن الاستمرار فى حفظ مزرعة الفيروس عن طريق تمريرها من نبات، أوشك أن ينهى حياته إلى نبات صغير، وهذا يمكن أن يتم فى حالات ما إذا كان الفيروس ينتقل ميكانيكيًّا بواسطة الحقن بالعصير. أما فى حالة الفيروسات التى تنتقل بواسطة الحشرات فقط، فإن التمرير يمكن أن يجرى بواسطة التطعيم بجزء من نبات مصاب على نبات سليم أو باستعمال حشرات نظيفة ناقلة. وفى بعض الأحوال كما هو الحال فى زراعة فيروس موزايك الدخان لا تظهر أى مشاكل؛ إذ إنه من السهل زراعة نباتات دخان، ثم حقنها بالفيروس الذى يتكاثر وينتشر خلال النبات بأكمله ويمكن الحصول على الفيروسات من أى جزء من النبات. ولكن ليس كل الفيروسات قادرة على أن تصيب الدخان وتتكاثر بداخله، بل لكل فيروس عائل خاص به يتكاثر بداخلها، وبعضها نجده سهل الزراعة والبعض الآخر نجد به صعوبة، كما أنه فى أحوال كثيرة لا يتكاثر الفيروس فى داخل كل أجزاء جسم العائل، بل يتكاثر فى أنسجة بعض أجزاء الجسم فقط، وبذلك يكون حقن نبات أو جسم بأكمله ليتم التكاثر منه من سبيل ضياع الوقت.

٢ – أمكن زراعة كثير من الفيروسات فى الأعضاء المعزولة، وسميت هذه الطريقة بطريقة زراعة الفيروس فى الأنسجة Cultivation Of Virus in Tissue، وفى هذه الطريقة تؤخذ هذه الأنسجة نظريًا من أى جزء من النبات.

تضاعف الفيروس:

يتضاعف الفيروس بمجرد دخوله خلايا العائل النباتى. وللآن لم تُبحث جيداً طريقة تضاعفه، وأكثر ما درس من فيروس النباتات هو فيروس موزايك الدخان، ولقد لوحظت مرحلتان فى تطور أو تضاعف هذا الفيروس، رغمًا عن أنه ربما يكون هناك أكثر من هاتين المرحلتين وهما:

أولا: الطور الخضرى أو مرحلة الخسوف Vegetative Phase:

وهو يبدأ بدخول الفيروس خلايا العائل، وبعد ١ – ٢ ساعة ومن عدوى العائل القابل

للإصابة، ويمتد إلى نحو ٩ – ١٠ ساعات، بعدها ينتقل الفيروس إلى الطور الثابت، وذلك فى ظروف الحرارة المثلى حسب Coukhov & Kapitza (1956).

والفيروس فى هذا الوقت ليس له القدرة على إصابة نباتات جديدة باستعمال الطرق المعتادة للحقن، علاوة على أنه يفسد بسرعة عند تهتك النسيج فى حالة تحضير مادة الحقن، وأظهرت دراسة تطور الفيروس أنه عند حفظ أوراق الدخان المحقونة فى الظلام، وفى ظروف حرارة مرتفعة (٣٦°م) للسلالات المقاومة للحرارة، فإن الفيروس يتضاعف ولكن انتقاله إلى الطور الثابت منعدم أو يقل بدرجة كبيرة. وفى هذه الظروف تتجمع كميات كبيرة من الطور الخضرى للفيروس فى خلايا الأوراق. وعند وضع الأوراق فى أحوال مناسبة للانتقال للطور الثابت على درجة ٢٨°م فإن الانتقال لهذا الطور يتم فى مدة أقل نسبيًا.

ففى حالة حفظ الأوراق المتجمع فيها الطور الخضرى للفيروس لمدة ٢ – ٣ ساعات على حرارة مناسبة تظهر فيها كمية كبيرة من الفيروس القابل لإحداث العدوى.

ثانيًا: الطور الثابت: Dormant Phase

وينتقل إليه الفيروس كما يظهر نتيجة لعدم ملاءمة الوسط للطور الخضرى، وربما لتجمع نواتج التبادل الغذائى، التى تعيق استمرار الفيروس من التكاثر فى اتجاه الطور الخضرى.

والفيروس فى هذا الطور عبارة عن جزيئات لها صفة العدوى، ويمثل تضاعف الفيروس عملية بيولوجية معقدة تنتهى بتكوين جزيئات ثابتة لها صفة العدوى، فمن المعروف أن الفيروس يحتوى على محتويين كيماويين لحمض نووى معدى RNA, DNA وبروتين الفيروس – ولم يعرف أن البروتين يحتوى على أى نشاط إنزيمى، ولا يمكن بواسطته فقط إحداث إصابة، وظهر أنه يعمل كوقاء لحمض النواة.

أما الحمض فمن الجهة الأخرى يحمل قدرة إحداث العدوى، والتى ينتج عنها إنتاج جزيئات فيروسية شبيهة بالأصل. ولهذا يظهر أنه يحمل المعلومات الوراثية ليس لإنتاج نفسه فقط، ولكن لإنتاج بروتين الفيروس أيضًا. ورغم أن حمض DNA هو المسئول عن المعلومات الوراثية لكل أنواع النباتات والحيوانات، إلا أن الفيروسات تعتمد على حمض

RNA أو DNA فى حمل المعلومات الوراثية.

ولقد درس حمض النواة RNA الموجودة فى فيروس موزايك الدخان بتوسع باستعمال الميكروسكوب الإلكترونى، واستعمال أشعة X.

وقد أوضح Gierer Schramm (1956) وظيفة RNA فى فيروس موزايك الدخان، حينما توصل إلى عزله، ووجد أن له القدرة على إحداث العدوى فى غياب البروتين.

وتمكن Frankel Conrat (1957) من خلط حمض لفيروس موزايك الدخان مع بروتين سلالة أخرى، وحقن به، ووجد **أن مظاهر الإصابة تكون للسلالة المأخوذة منها الحمض النووى، كما هو واضح من الجدول التالى:**

نوع السلالة			مظاهر الإصابة Symptoms
VIRUS	RNA	Protein بروتين	
		TMV	مظاهر الإصابة لفيروس موزايك الدخان
فيروس موزايك الدخان	TMV	سلالة HR	
موزايك الدخان HR +	TMV		مظاهرة الإصابة لفيروس موزايك الدخان TMV
		موزايك الدخان TMV	
سلالة TMV + HR	HR		مظاهر الإصابة لفيروس سلالة HR

وهذا يبين – ولأول مرة – أن حمض RNA هو الحامل الأساسى للمعلومات الوراثية لجزئ فيروس موزايك الدخان والمدخل المعروف فى النبات أن النواة أو النوية بها DNA، وهو الذى يوجه الخلية لإنتاج mRNA وبالتالى فإن الـmRNA مع وجود الريبوسومات Ribosomes الموجودة فى السيتوبلازم تكون البروتين فى خطوات متعددة، فهل يتبع تكون الفيروس هذا الطريق أو على النقيض للفيروس طريقه الخاص فى إنتاج جيله؟

وكان البحاث الأوائل لا يفرقون بين طريقة تكاثر الفيروس وتكاثر أى ميكروب آخر؛ حيث إن العملية ترجع إلى جزئ الفيروس نفسه الذى يعطى خلفه له، وتنتهى آخر خطوات الإنتاج Reproduction فى انقسام طولى أو عرضى يتبعه النمو ثم النضج. ولكن عند اكتشاف وجود جزئيات فيروسية لفيروس موزايك الدخان TMV أقصر فى طولها من طول الجزيئات العادية ٣٠٠ ملليميكرون Bawden & Pirie, 1953 فى أنسجة مصابة بالفيروس، ارتفعت عدة أسئلة منها هل هذه الجزيئات ممرضة، أو هل هى جزيئات غير ممرضة، إلا أن Takahashi & Rowlines, 1949 وجد أن هذه الجزئيات القصيرة غير ممرضة، وأن صفة العدوى تحملها الجزيئات الطويلة، ومن الممكن أن تنجح الجزيئات القصيرة فى تكوين جزيئات أطول إلا أنها لا يمكنها إحداث العدوى.

وبالتقدم العملى أمكن الوصول إلى أن بروتين الفيروس وحمض النواة يتكونان بنظامين منفصلين، ثم يلتصقان ليكونا جزئ النيوكليوبروتين الثابت.. **وهذه النظرية وضعت على أساس ثلاثة اكتشافات:**

أولا: أن البروتين يتكون تلقائيًا Donovo داخل الخلايا المصابة بالفيروس – وهذا عمل (Takahashi & Ishil 1952, Commaner et al 1953, Jenner and Iomoine 1953).

ثانيًا: يتخلص الفيروس من البروتين أى يبقى حمض النواة عاريًا، ويحمل صفة العدوى أن نتيجة العدوى به هى تكوين جزيئات كاملة من الفيروس تتكون من نيوكليوبروتين، وهذا عمل .(Gierer & Schramm 1950, Frankel Conrat & Singer 1957).

ثالثًا: من الممكن تكوين جزيئات فيروسية ثابتة حاملة لصفة العدوى تشبه الفيروس الأصلى، وذلك فى مخلوط Suspension من بروتين الفيروس وحمض النواة فى العصير أبحاث (Frankel - Conrat & Williams 1955).

ومما سبق يمكن الإجابة عن السؤاليين التاليين:

١ – هل يؤثرا الفيروس ويغير التأثير الوراثى لحمض DNA، ويجعله يعمل RNA غريبًا، أو

يعطى المواد اللازمة مثل النواة والإنزيمات... وهل يعمل RNA الفيروس كقالب لنفسه As its own templete؟

٢ – كيف يشارك RNA الخلية فى إنتاج شيء غريب عنه مثل بروتين الفيروس؟

وللإجابة عن هذه الأسئلة:

نعرف أن الإصابة الفيروسية إصابة جرحية؛ أى لابد من العمل على إدخال الفيروس داخل النبات، وبعد ذلك يبدأ الفيروس فى اتصال وثيق فى وحدة مع محتويات الخلايا الحية، بحيث لا يؤثر غسيل النسيج بالماء على هذه الوحدة، ولا يقلل الإصابة إذ وجد أنه عند حقن أوراق **N.glutinosa** بواسطة حمض RNA لفيروس موزايك الدخان، ثم غمسها فى محلول إنزيم RNA ase كافٍ لإبادة RNA، ولم يلاحظ أى تأثير على عدد النقط المحلية المتكونة، وهذه الوحدة هى أول عملية كيميائية أو طبيعية يحدثها للفيروس، ويسمى هذا الطور عملية ادمصاص Adsorption، وهناك بعض الظواهر التى تدل على أنه ومباشرة وبمجرد ادمصاص أو دخول Penetration الفيروس الخلية، يزال جزء من بروتين الفيروس بوسيلة ما حتى يتكشف خيط حمض النواة.. وهناك من يعتقد أنه إذا لم يحدث هذا فإن الإصابة لا تتم... أما الطريقة التى يحدث بها فغير معروفة.. ولم يحصل على إنزيمات فى النبات تحدث مثل هذا التأثير.. وقد تمت عدة تجارب فى المعمل لفصل وحدات البروتين من حمض النواة لجزيئات الفيروس النقية بدأها Sreeni Vasaya & Pirie 1938.

أوضح Jeener 1957 أنه إذا تخلل infiltrated إنزيم RNA ase أوراقًا محقونة بالموزايك خلال ساعتين من الحقن، فإن الفيروس لا يتكاثر، وهذا يوضح أنه لابد من مرور ساعتين على الأقل ليتخلص حمض RNA من البروتين. وفى هذه المدة فإن الفيروس معرض لعمل الإنزيم. أما إذا بدأ الإنزيم عمله بعد ساعتين فإن حمض RNA المنفصل يحمى نفسه بتداخلها مع العائل أو بواسطة تكوين Polymerization ببروتين الفيروس.

وفى تجارب أخرى (Single et al 1957) وجد أنه بمجرد أن أصبحت مادة الـ RNA فى علاقة وطيدة مع موقع الإصابة فى الخلية، فإن المقاومة للاشعاع تزداد، وهذا يحتاج إلى ٢,٥

– ٥ ساعات حسب نوع الفيروس.

وفى تجارب أخرى ذكر Kassanis 1960, Frankel - Conrat et al, 1955 أن النقط المحلية تظهر أسرع عند حقن النبات بحمض RNA عن حقنها بالفيروس الكامل، ووجد Schramm 1959 أن مدة السكون أو الخسوف Latent period (١٠ ساعات) أقل فى حالة الإصابة بحمض RNA عنها فى حالة الإصابة بالفيروس كامل.

لوحظ نشاط غير عادى لنواة الخلية المصابة بفيروس موزايك الدخان، وذلك بعد ٤ – ٢٠ ساعة من الحقن، وفى حالة الإصابة فإن مواد قاتمة فى الخلية تتحرك من النواة (بناء المواد الخاصة بالفيروس). ويقول بعض البحاث بأن آخر خطوة لتكاثر الفيروس تأخذ مكانها فى نواة الخلية، وليس بعيداً عنها فى السيتوبلازم، ووجد Schramm & Rottger أن بروتين الفيروس يمثل فى السيتوبلازم بحيث يرى فى أول الإصابة حول النواة، ثم يظهر بعد ذلك خلال الخلية، ولكن لم يلاحظ فى النواة أو الكلوروبلاستيدات. وقد فسرت هذه الخطوة السابقة بأن الفيروسات التى تحتوى على حمض DNA ، الذى يتجه بعد دخوله الخلية إلى النواة، ويسيطر على حمض DNA النواة، ويجعله ينتج RNA جديداً، يعمل على تكوين بروتين الفيروس.. أما فيروسات RNA فيختلف العمل فيها، إذ يعتقد أن RNA الحمض المعدى أو على الأقل جزء منه يعمل كمرسل RNA يتجه مباشرة إلى الريبوسوم، وهناك يبدأ فى توجيه إنتاج الإنزيمات اللازمة لتكوين بروتين الفيروس.

وهناك رأى آخر يذكر أنه بمجرد تحرر الحامض النووى RNA من غلافه فإنه يدخل نواة الخلية؛ حيث يعمل هناك كقالب يتكون عليه خيط آخر يشبه له، ونتيجة لذلك يتكون شكل ذو خيطين: أحدهما RNA الأصلى للفيروس، والثانى هو الذى تكون جديداً، وبمجرد تكوين الخيطين ينفصلان ويعمل الخيط الجديد فى هذه الحالة كقالب، تتكون عليه خيوط جديدة تنفصل عنه بمجرد تكوينها، وتترك النواة متجهة إلى السيتوبلازم حيث يتم تمثيل البروتين الفيروسى.

وفى كلتا الحالتين تبدأ الخلية بتكوين بروتين وحمض النواة اللازمين لتكوين جزيئات فيروسية جديدة.. وقد أوضح Schramm **et al.** 1959 أن سرعة تكوين وحدات البروتين

تزيد بمقدار ٢٠٠٠ مرة سرعة تكوين حمض RNA، وربما يتحد المحتويان المكونان للفيروس داخل الخلايا.. كما تمكن Frankel - Conrat 1960 من اتحادهما فى العصير، وباختصار فإن زيادة تكوين البروتين يؤدى إلى تراكم بعضه فى الخلية.

وقد وجد Markham et al, 1948 فى تحضيرات الموزايك الأصفر للفت نوعًا آخر من البروتين، كما وجده أيضًا Takahashi and Ishil 1952 فى تحضيرات موزايك الدخان، ويسمى هذا البروتين X protein حسب Takahashi، أو انتيجن ذائب Soluble antigen حسب عمل Jeenier 1952، أو بروتين B ذائب حسب Commoner 1956، ويمكن معرفته بواسطة طريقة Auchter Iony´s gell diffussion؛ إذ إن البروتين أصغر من الفيروس، فينتشر أسرع ويقابل الأجسام المضادة، ويتحد معها فى مكان بعيد عن مكان اتحاد الفيروس الأقل سرعة منه.. ولهذا البروتين خواص طبيعية تختلف عن بروتين الفيروس؛ فهو لا يحتوى على حمض نواة، ولا يمكن إحداث العدوى، وليس للعائل أى تأثير على إنتاجه فيختلف باختلاف سلالات الفيروس، فنجد جزيئات Rod Shaped مثل الـ TMV بأطوال مختلفة وبإعداد لا تشابه جزيئات الفيروس، وعند بنائها Reconstitution مع تحضيرات فيروس ذات صفة عدوى عالية، تتكون جزيئات بطول ٣٠٠ ملليميكرون، وتظهر لهذه الجزيئات صفة عدوى كالفيروس الأصلى وربما أعلى.

دورة فى تمثيل الفيروس:

كتب Bawden يقول إن المستخلصات المأخوذة من نباتات مصابة أو حيوانات مصابة دائمًا ما تحتوى على جزيئات مختلفة، ولا يميزها شكل واحد، يدل على أنها ناتجة عن تكرار للجزيئات نفسها التى أحدثت العدوى.. وتختلف هذه الجزيئات من جزىء لجزىء فى عدة أوجه فليست كل الجزيئات التى لها صفة العدوى متشابهة، ربما ذلك لاختلافات وراثية ناتجة عن طفرات واختلافات فى ترتيب العوامل الوراثية.

أما الجزيئات التى لاتحمل صفة العدوى، والتى تسمى بأسماء مختلفة، منها الانتيجن الذائب Soluble antigen أو الفيروس غير الكامل incomplete Virus أيضًا ذات أشكال مختلفة بعضها يحتوى حمض نواة، وبعضها له الحجم نفسه، والشكل، إلا أنها قد تكون

لها صفة العدوى مرة واحدة عند حقنها، وإذا كانت لا تسبب العدوى يكون ذلك نتيجة لتغيرات تشبه ما يحدث فى الأجسام الراقية، والذى يسمى Latent mutants وبعضها حمض نواة قصير أقصر من حمض النواة بالجزيئات التى تسبب العدوى، ومن هذا يتبين أنه لابد من وجود كمية معينة من الحمض؛ حتى يصبح الجزئ قادراً على العدوى، وبعض هذه الجزيئات لا يحتوى على حمض النواة، رغم أنها فى الحجم نفسه وشكل الجزيئات الفيروسية المعدية.

وقد نسأل ما الذى يدعو إلى تكوين مثل هذه الجزيئات المختلفة؟ ومن الصعب الإجابة عن هذا السؤال، إلا أنه ربما يمثل بعضها خطوات فى تكوين الفيروس، وربما يمثل البعض أخطاء فى عملية تمثيل الفيروس، ويرى البعض أنها ربما يكون محتويات متخلفة من العملية.

وقد أظهرت الدراسة الكيميائية لتضاعف الفيروس الآتى:

١ – وجود بعض الفسفور الفيروسى منتشراً فى سيتوبلازم الخلايا... وهذا يدل على انفصال بعض أجزاء الفيروس بمجرد دخوله الخلية.

٢ – إن حامض الريبونيوكليك الفيروسى يتكون من مصدرين فقط بعض مشتملات الفيروس الأصلى، وما تمصه الخلية من مواد ومن الوسط الذى تعيش فيه تحيلها بدورها إلى مواد فيروسية، أى أنه لا يشترك فى تكوينه حامض النيوكليك من سيتوبلازم الخلية أو نواتها، كما يحدث فى البكتريوفاج وبعض فيروسات أخرى.

٣ – لوحظ أنه إذا حقنت ورقة نبات دخان مصابة بفيروس الموزايك بمحلول كلوريد الأمونيوم، الذى يشمل ذرة النيتروجين على حالة النظير (ن١٥) فإن حامض الريبونيوكليك والبروتين الفيروسى اللذين يتكونان بعد ذلك يحتويان هذا النظير، قبل أن يوجد فى بروتين النبات نفسه؛ مما يدل على أن جهاز الخلية استطاع أن يدخل النيتروجين المشع فى مواد الفيروس مباشرة.

٤ – لاحظ Takahashi and Ishil أن هناك نوعين من الأجسام الفيروسية المستخلصة من

ورقة مصابة: أجسام أخرى وزنها الجزئى اصغر من الوزن الجزئى للفيروس، ولكن لها نفس الصفات السيرولوجية وهى مكونة من البروتين، فقد حامض الريبونيوكليك، علاوة على أنها غير قادرة على إحداث العدوى، وسميت بروتين (X).. وقد اقترح أن هذا طوراً ثابتًا فى تمثيل فيروس موزايك الدخان، واقترح أن تضاعف الفيروس TMV فى النبات لا يكون بالانقسام، ولكن باتحاد الـ RNA والبروتين اللذين يتكونان منفردين أولاً.

وقد كتب Sigel, M.M. & Baslay 1965 مقترحين المراحل الآتية لإصابة الفيروس للخلية:

١ - **المرحلة الأولى**: مرحلة الادمصاص Adsorption وفيها تجذب الخلية الفيروس إليها ويلتصق بسطحها. **وتتم هذه العملية على خطوتين:**

الخطوة الأولى: وتسمى elution، وفيها يمكن فصل الفيروس عن سطح الخلية.

الخطوة الثانية: وتسمى irreversalbe union، وفيها يكون الالتصاق ثابتًا، وليس من السهل فصل الفيروس عن الخلية.

٢ - **المرحلة الثانية**: Penetration step وتبدأ بدخول الفيروس الخلية، ويأتى هذا بعدة طرق منها أن تبتلع بعض الخلايا الفيروس Swallowed، أو قد توجد أعضاء خاصة Spe-cialized instrument of penetration تعمل على إدخال الفيروس فى الخلية، كما هو الحال فى فيروس البكتريا، وهذه المرحلة بتخلص الفيروس من غلافه البروتينى إما قبل دخوله الخلية كما هو الحال فى فيروس البكتريا، أو قد تبدأ عملية التخلص قبل الدخول، وتنتهى بعد الدخول عادة.

٣ - **المرحلة الثالثة**: Eclipse or dark period وهى مرحلة الخسوف أو المرحلة المظلمة، وفيها يستعد حمض النواة لقلب نظام العمل فى الخلية، وللسيطرة على نظام وميتابولزم الخلية، ويجبر الخلية على نظام خاص جديد لإنتاج إنزيمات وبروتينات لازمة لتكوين جزيئاته الجديدة.. وبذلك تبدأ الخلية فى إنتاج بروتين وحمض ونواة غريبة عن احتياجاتها.

٤ - **المرحلة الرابعة** Production of procursors وفيها تنتج الجزيئات الفيروسية الكاملة.

٥ - **المرحلة الخامسة** Release step: وفيها يخرج الفيروس من الخلية ويسلك طريقين، فإما أن يخرج الفيروس من الخلية جزيئًا بعد جزئ، أو قد تنفجر الخلية ويخرج الفيروس كما هو الحال فى فيروس البكتريا.

انتشار الفيروس:

بعد دخول الفيروس الخلية نتيجة للحقن وتضاعفه فيها، تغزو الجزيئات الفيروسية المعدية الخلايا المجاورة عن طريق الخيوط البروتوبلازمية Protoplasmic strands التى تربط جميع خلايا الورقة ببعضها، وسرعة الانتشار هذه غير كبيرة، وتقاس بالميكرون فى الساعة، وقد وجد Uppel 1934 أن فيروس TMV ينتقل من خلية إلى أخرى بسرعة ٧-٨ ميكرون س.

ولقد وجد Sammuel أن موزايك الدخان لم ينتقل من أوراق الطماطم المحقونة لمدة ٣-٤ أيام، كما وجد Kunkel أن فيروس البطاطس X يحتاج ٢-٣ أيام؛ لينتقل من مكان الحقن فى الأوراق إلى الساق، بينما يحتاج فيروس Tomato aucuba Mosaic إلى ستة أيام، وتستمر حركة الفيرس ببطء إلى أن تصل إلى اللحاء، فيسرع فى حركته وينتشر بسرعة إلى مسافات بعيدة فى الساق والجذور والقمة النامية، وتختلف السرعة باختلاف الفيروس واختلاف العائل.. ولقد وجد الفيروس فى الجذور، فى خلال ١٢ ساعة من أول ظهوره فى اعناق الأوراق المحفوظة، ووجد فى قمة الساق فى خلال يوم واحد ويتحرك فيروس تجعد قمة بنجر السكر بسرعة ١٥٢ سم/ ساعة، ولكن بسرعة ١,٢٧ سم/ ساعة فى الدخان، ويكون النسيج البرانشيمى Paranchyma هو مكان الحركة البطيئة للفيروس، وتصاب الأوراق الحديثة أولاً تليها الأوراق الأكبر سنا، وتبدأ إصابة الأوراق بجوار العروق الأكبر سنًّا، وتبدأ إصابة الأوراق بجوار العروق، ويحتاج النبات المتوسط العمر إلى ثلاثة اسابيع ليصبح مصابًا كلية، بينما تحتاج النباتات المسنة إلى شهرين فى طور الإثمار.

ولقد وجد Coukhov and Kepitza انه عندما يصل الفيروس إلى اللحاء تتغير السرعة، فبدخول فيروس موزايك الدخان اللحاء، وجد أنه ينتقل فى نبات الدخان بسرعة ١ - ١,١

سم/ ساعة فى الأوراق، بينما وجد Kunkel أن الفيروس يسير بسرعة ١٧ سم/ ساعة فى الساق.

ولا تعتمد حركة الفيروس السريعة على استمرار تكاثره؛ حيث إن اجزاء النبات البعيدة يوجد بها الفيروس فى الوقت، الذى تخلو منه بعض الأجزاء القريبة من مكان العدوى.

ويقترح Samuel أن هذه الحركة السريعة تحدث فى اللحاء، وتصحب حركة انتقال الغذاء من الأوراق، كما يقترح كثير من البحاث أنه الاتجاه نفسه الذى تسير فيه نواتج التمثيل الضوئى، ويدللون على ذلك بسرعة إصابة البراعم الزهرية والثمار، وكذلك عند وضع النبات فى الظلام أو عند نزع أوراق منه.. فإن هذا يزيد من سرعة انتقال الفيروس نحو القمة، ويؤكد ذلك تجارب علام ١٩٦٠، إذ وجد أن تركيز فيروس موزايك الدخان يزداد فى اعضاء نباتات الدخان بتقدمها فى العمر حتى يصل نهايته عندما يصل العضو إلى تمام النضج، كذلك لوحظت زيادة تركيز الفيروس فى الساق أثناء فترة الازهار، فى الوقت الذى يزداد نشاط المواد الغذائية المجهزة نحو البراعم الزهرية. ولفيروس موزايك الدخان القدرة على الحركة خلال الأوعية الخشبية، ولكنه لا ينتقل منه إلى الأنسجة الأخرى، إذا لم يجرح الخشب، ويتحرك فيروس تقزم البرسيم الذى عادة ما يوجد فى الأوعية الخشبية فى نبات Alfalfa.

ثانيًا الظروف الفسيولوجية لتضاعف الفيروس:

Physiological conditions for virus production

تحدد حالة العائل الفسيولوجية سرعة تزايد الفيروس لدرجة ملحوظة، وذلك بناء على أن الفيروس يتطفل إجباريًّا داخل الخلية.. وحيث إن الفيروس نيوكليوبروتين لذلك فإن نموه وتزايده يتوقف أولاً على تبادل تمثيل البروتين وحمض النواة فى النبات العائل..

والعوامل الآتية لها تأثير كبير على تضاعف الفيروس:

١ - تأثير التغذية بالعناصر المختلفة (ن- فو - بو) على تزايد الفيروس:

أ - التغذية الأزوتية (ن):

اختلاف الأزوت فى تغذية النبات يغير من سرعة تجمع الفيروس فيه؛ فمثلاً إذا ما زرعت

نباتات طماطم فى مزارع رملية بها نقص فى مصدر الأزوت (٣-٧ أجزاء فى المليون) ومزارع رملية بهما تغذية أزوتية عادية (٧٠ جزءاً فى المليون) وأخرى بها تغذية زائدة (٥٠٠ - ١٠٠٠٠٠ جزء من المليون)، واستمرت النباتات لمدة ٢٨ يومًا، قبل إصابتها بفيروس موزايك الدخان ولمدة ٣٠ يومًا بعد عملية الإصابة، لوحظت الاختلافات التالية: فى حالة التغذية العادية وصل النبات إلى حجمه الطبيعى، وفى حالة التغذية غير الكافية والتغذية الزائدة كان حجم النبات أصغر من المعتاد كثيراً.

وكان مقدار نيوكليوبروتين الفيروس مقاسًا بالملليجرام لكل وزن طازج فى حالة الجوع الأزوتى ٣٤٪ أقل، وفى حالة زيادة الآزوت ٥٠٪ أكثر مما فى حالة النباتات التى حصلت على كمية معتدلة من الآزوت Kendrich and Others 1953.

وبناء على نتائج هذه التجارب وكذلك النتائج الأخرى، يمكن القول بأنه لا توجد علاقة مباشرة واضحة بين سرعة نمو النبات العائل وتجمع الفيروس فيه.. ففى حالة زيادة التغذية الآزوتية، يتعطل أو يوقف نمو النبات إلا أنه يزيد من انتاج الفيروس. أما السؤال عن ما هى المحتويات الآزوتية التى تذهب لبناء جزيئات الفيروس.. فهذا للآن لم يجد الإجابة الكاملة، إلا أن النتائج الموجودة تدل بوضوح على أن بروتين الفيروس لا يتكون من البروتين الجاهز بالنبات العائل، ولكن من جزيئات يعتقد أنها اتحاد لأحماض أمينية.

ب - التغذية الفوسفورية (فو):

وجد أن نباتات الدخان يزداد حجمها بزيادة نسبة المحتويات الفوسفورية فى المخلوط المغذى (٣ أجزاء فى المليون إلى ٢٣٧ جزءاً فى المليون). أما فى حالة المستويات العالية فإن حجم النبات يقل وتصبح النباتات قزمية، إلا أن تركيز الفيروس فيها يكون عاليًا، فمثلاً عند ٥٤٧ جزء فوسفور فى المليون، كان تركيز الفيروس أكثر من تركيزه عند مستوى ٢٣٧ جزء فوسفور فى المليون، حيث كان نمو النبات أكبر.

فى حالة موزايك الدخان فإن الفوسفور غير العضوى يقل فى الأوراق، ابتداء من اليوم السادس بعد الحقن، كما وجد أن مقدار الفوسفور الذائب فى الأثير يزداد فى الساعات

الأولى بعد الحقن، ثم يقل بعد يومين إلى اليوم الرابع، وعندما تبدأ مظاهر الإصابة الخارجية فى الظهور، تزداد كمية الفوسفور الذائب فى الأثير.

جـ - التغذية البوتاسية:

وجد أن تغيير المحتويات البوتاسية فى المخلوط المغذى ذو تأثير ضعيف على نمو النبات وتجميع فيروس موزايك الدخان. أما فى حالة زراعة النباتات فى محاليل مغذية متوازنة، فإن تجميع الفيروس فيها يكون فى علاقة متوازية مع نموها وحجمها.

٢ - تأثير التغذية بالعناصر المختلفة على الإصابة الفيروسية:

فى تجارب المزارع المائية التى أجريت بكلية الزراعة جامعة عين شمس، وجد علام وآخرون ١٩٧٥ اختلافًا فى استجابة نباتات الدخان للإصابة بفيروس الموزيك حسب نوع المحلول الغذائى المستخدم (محلول هوجلاند)، فقد أدى المحلول الغذائى ذو التركيز المتخفض من النيتروجين (٥٠ جزء/ مليون)، أو الذى ينقصه البوتاسيوم أو الكبريت إلى تقليل تأثير الإصابة بالفيروس على نمو النباتات، بينما كان التأثير فى حالة نقص الكالسيوم والمغنسيوم من المحلول الغذائى متوسطًا، فى حين أن تأثير الإصابة بالفيروس على نمو نباتات الدخان كان شديداً فى حالة استخدام محلول غذائى، ذى تركيز منخفض من الفوسفور (١٠ أجزاء/ المليون) أو الحديد أو المنجنيز.

٣ - الكربوهيدرات:

للكربوهيدرات تأثير كبير فى إنتاج الفيروس لتدخلها فى تمثيل الأحماض الأمينية والأحماض النووية وارتباطها بعملية التنفس.. ولقد وجد سوخوف عام ١٩٥٠ أنه فى حالة ما إذا نزعت أوراق دخان مصابة بفيروس الموزايك، وحفظت فى ظلام، يقل تراكم الفيروس فيها بشكل ملحوظ. وفى حالة ما إذا تعرضت نصف هذه الأوراق إلى إدخال محلول ٢٪ جلوكوز فى مسامها «بطريقة التفريغ»، يلاحظ نمو الفيروس بكثرة عن نموه فى النصف الآخر الموضوع فى ماء مقطر.

كما وجد Fulton (1952) أن فيروس نيكروزيس الدخان لا يسبب نيكروزيس لأوراق

الفاصوليا المنزرعة والمحفوظة فى الظلام، بينما إذا ما وضعت هذه الأوراق على محلول ١٪ آجار يحتوى على ٤٪ جلوكوز، و٠,٤٪ فوسفات البوتاسيوم KH_2Po_4 يظهر النيكروزيس بوضوح. وظهرت أهمية المواد الغذائية المتجمعة فى الفلقات لإنتاج الفيروس فى حالة إصابة بادرات الطماطم بفيروس الدخان؛ فإذا نزعت الفلقات فى بعض النباتات، ثم حقنت وحفظت البادرات فى الظلام.. فإن تجمع الفيروس يقل بكثرة فى النباتات المنزوعة الفلقات عنه فى النباتات غير منزوعة الفلقات.

ووجد سوخوف ١٩٥٠ أيضًا أن التمثيل يؤثر على قابلية النباتات للإصابة بالفيروس فعدد النقط الميتة (نيكروزيس) التى تظهر على أوراق الفاصوليا وأوراق N.glutinosa ونباتات الدخان نتيجة لإصابتها بفيروس نيكروزيس الدخان وفيروس موزايك الدخان وموزايك البرسيم وموزايك اللفت تتوقف على الساعة، التى تمت فيها عملية الحقن فيقل عددها فى الأوراق التى أصيبت الساعة ٤-٦ صباحًا، ويزداد فى التى أصيبت ٨-١٠ صباحًا، ثم يصل النهاية العظمى فى حالة الإصابة الساعة ١-٢ بعد الظهر، ثم تقل ثانية كلما تأخرت حتى الصباح.

٤ - الحرارة:

تلعب الحرارة دورًا كبيرًا فى حياة الفيروس داخل العائل فتوقف سرعة تكاثر الفيروس فى خلايا النبات، يعتمد بدرجة كبيرة على درجة الحرارة المحيطة بالنبات، كما تتوقف مقاومة الفيروس للحرارة على ظروف زراعة النبات العائل.

ويمكن لبعض الفيروسات أن تتحمل درجات حرارة عالية، لا تتحملها إذا ما وجدت فى العصير خارج العائل. ويفسر ذلك بأنه نتيجة لارتفاع الحرارة، بينما تتجمع مواد مضادة كانت تؤثر على الفيروس فى المجالات الأخرى بحيث تسبب وقف تكاثره. وكتب كثير من البحاث عن حالات كثيرة لفساد الفيروس؛ نتيجة لتعرض الأجزاء النباتية المحتوية عليه للحرارة. فمثلاً يفسد فيروس Sereh قصب السكر عند غمر العقل المصابة لمدة ساعة فى ماء حرارته ٥٠°م، كذلك فيروسات الاصفرار والنقط الحمراء وتورد الخوخ تفسد بحفظ الأشجار المريضة لمدة اسبوعين على ٣٠°م، كما وجد أن الفيروس يفسد أسرع عند وجوده فى المجموع

الخضرى، عنه إذا ما وجد فى الجذور. فشتلات الخوخ المصابة بالإصفرار يفسد فيها الفيروس كلية إذا ما حفظت مدة ٤٠ دقيقة على حرارة ٤٢°م، أو ٤ دقائق على حرارة ٥٠°م، وإذا حفظت درنات البطاطس المصابة بفيروس التفاف الأوراق لمدة ٢٥ يومًا على حرارة ٣٧,٥°م.. فإن ذلك يؤدى إلى سلامة الدرنات.

٥ - الضوء:

الضوء كما أنه عامل مهم فى حياة النباتات الخضراء، فهو ذو تأثير كبير فى حياة الفيروس. ففى أوراق الدخان المحقونة والمحفوظة فى الظلام يتكاثر فيروس موزايك الدخان ببطء ملحوظ عنه فى حالة ما إذا حفظت هذه الأوراق فى الضوء العادى، كما وجد أن تعرض النباتات لفترات متقطعة للظلام ثم للضوء يشجع من إنتاج الفيروس. والجدول (٦ - ١) يبين ذلك:

(جدول ٦ - ١): تأثير تبادل الإضاءة والإظلام على إنتاج الفيروسى
(حسب سوخوف وكابيستزا ١٩٥٠)

ظروف التجربة	عدد النقط	متوسط النقط الميتة على نصف ورقة	علاقة العامل الأول إلى الثانى
٢ (يومان) فى الظلام ثم ٢ (يومان) فى الضوء	٢٥٩٤	٢٥٩٤	-٠,٣٤
٣ (أيام) فى الضوء ثم ٢ (يومان) فى الظلام	٦٠٠٦	٦٠٠٦	-١,٠٠

وحسب ما هو واضح فى الجدول السابق فإن متوسط عدد النقط الميتة حيث الظلام يليه الإضاءة، أما الاستمرار فى تعريض النباتات للضوء أو للظلام كان ذا تأثير واحد فى كلتا الحالتين، ويلاحظ أنه فى حالة ما إذا سبق الإظلام الإضاءة فإن التأثير يكون أقل. وذلك لأن الإظلام يزيد من قابلية إنتاج الفيروس، ويرجح أن السبب فى ذلك مرتبط بانحلال البروتين Hydrolysis فى الخلايا أثناء إظلامها، والذى يستعمله الفيروس لتمثيل بروتينه.

٦ – عمر النبات واتجاه التمثيل الغذائى :

يتوقف إنتاج الفيروس على عمر النبات وعمر أعضائه، وكذلك على مكان وجود الأنسجة فى ورقة أو أخرى.. ولقد وجد علام Allam عام ١٩٦١ أن تركيز فيروس موزايك الدخان يختلف باختلاف أعضاء نبات الدخان واختلاف عمرها.

أ – ففى الأوراق يزداد تركيز الفيروس؛ حتى يصل إلى نهايته العظمى قبل دخول النبات فى طور الأزهار مباشرة، وبعد ذلك ينخفض التركيز.

ب – فى الجذور يزداد التركيز كلما كبر النبات، ويصل نهايته العظمى وقت الإزهار، ثم يبدأ فى الانخفاض.

جـ – وكذلك يزداد التركيز فى الساق حتى يصل نهايته العظمى وقت الإزهار، ثم يبدأ ثانية فى الانخفاض.

د – يكون التركيز عاليًا فى البراعم الزهرية لنبات الدخان قبل تفتحها، ثم يأخذ فى الانخفاض عند تفتحها.

ويوضح الجدول (٦ – ٢) تركيز الفيروس فى أجزاء النبات المختلفة، مقدراً بالطرق البيولوجية وبعد حقن النباتات بأسبوع ثم أسبوعيًا حتى نهاية الإزهار.

جدول (٦ – ٢) : التركيز النسبى لفيروس موزيك الدخان فى الأجزاء المختلفة لنبات الدخان، وحسب أعمارها المختلفة «علام ١٩٦١».

متوسط تركيز الفيروس مقدراً بطريقة النقط المحلية						
جزء النبات	بعد أسبوع من الحقن	بعد أسبوعين من الحقن	بعد ثلاثة أسابيع قبل خروج البراعم	بعد أربعة أسابيع قبل خروج البراعم	بعد خمسة أسابيع بداية الإزهار	بعد ستة أسابيع نهاية الإزهار
الأوراق	٣,٢	٥٧,٦	٢٥,٦	١١٥,٢	١١٥,٢	١٤٠,٨
الساق	١١,٢	١٧,٦	٣٨,٤	٤٦٠,٨	٦٧,٢	١٤,٤
الجذر	٥٧,٦	٧٦,٤	١٥٣,٦	٦١٤,٤	٥١,٢	٣٥,٢
الأزهار	–	–	–	٥١٢	٦٤	٢٥,٦

وعلاوة عما سبق يلاحظ من الجدول اختلاف تركيز الفيروس باختلاف الأعضاء، وأمكن تفسير زيادة تركيز الفيروس فى أجزاء النبات المختلفة بزيادة عمرها حتى يصل نهايته العظمى عند نضج هذه الأجزاء، وتكون زيادة تكاثر الفيروس نتيجة لزيادة بناء المواد الغذائية فى هذا السن.

أما انخفاض تركيز الفيروس فى هذه الاعضاء بدخولها طور الشيخوخة، فلا يمكن تفسيره بانتقاله من هذه الأعضاء إلى اعضاء أخرى، ولكن يمكن تفسيره بتغيير اتجاه ميتابوليزم الأعضاء فى سنها المتأخر، أو حدوث تغيير فى جزيئات الفيروس.

ولقد لاحظ Sadasivan, 1940 أنه فى حالة إصابة أوراق نبات الدخان بالتساوى بواسطة سلالة فيروس موزايك الدخان العادى، تكون أكبر كمية للفيروس فى الأجزاء الوسطى للورقة، ثم يقل تركيزه عند الاتجاه لقاعدة الورقة وأقل فى قمة الورقة.

ثالثًا: فسيولوجى النبات المصاب بالفيروس:

Physiology of virus diseased plant

حيث إن الفيروس متطفل إجباريًّا داخل الخلايا.. فإنه يسبب إعمالاً غير مرغوبة لميتابوليزم النبات. ويؤدى تجمع جزيئات الفيروس بكثرة فى الخلايا إلى ضياع أهم مواد التمثيل الغذائى فى الخلية، والتى هى ضرورية للبناء الفيروس بصفته نيوكليوبروتين.

وتظهر أهمية الإصابة الفيروسية بالمثل الآتى، وهو أن كمية بروتين فيروس موزايك الدخان فى النبات المصاب تصل إلى ١٠٪ من وزنه الجاف.. وتسبب الفيروسات الشديدة فساداً كبيراً فى ميتابوليزم الخلية لدرجة موتها مسببة نيكروزيس.. وأمام هذه الحالة غالبًا ما يموت النبات.. وفى حالة الفيروسات المتوسطة القوة فإن النباتات المصابة تتحمل خسارة، وتكون الإصابة حادة Cronic، ويظل الفيروس داخل الخلايا حتى نهاية عمر النبات.

ولم يدرس فسيولوجى النبات المصاب دراسة وافية.. ويمكن الإضافة أيضًا أن هناك خلافات مميزة بين الفيروسات المختلفة وتأثيرها على الأجناس المختلفة من النباتات، ولهذا لايمكن ذكر قواعد عامة ثابتة فى هذا الموضوع، ولكننا سنتناول بعض التأثير على العمليات الحيوية فى النبات المصاب بقدر الإمكان.

أولاً: التنفس: Respiration

يمكن إعطاء امثلة منفردة لتأثير التنفس فى النباتات المصابة بأمراض فيروسية كالآتى: وجد Sastri 1936 أن نبات الصندل المصاب بتشوه الأوراق يحتاج إلى زيادة ٥٠٪ أكسجين عما فى حالة النبات السليم. كما وجد Grigsby 1938 أن ثانى أكسيد الكربون المتصاعد من أوراق المالينا المصابة بالموزايك يزيد بنسبة ٢١-٤٢٪ عن الكربون المتصاعد من الأوراق السليمة.. وفى حالة الأمراض الفيروسية تتوقف درجة تأثير تنفس النباتات على طور الإصابة، وكذلك العمر والوضع الفسيولوجى للنبات.

وكثيراً ما نقابل فى المراجع بنتائج عكسية لما سبق ذكره، فمثلاً وجد Gond 1928 زيادة نسبة التنفس فى أوراق البطاطس المصابة بفيروس تجعد الأوراق، بينما سجل Muller (1932), Kruger, and Pyervitch (1934) انخفاض التنفس. وهذه النتائج تتعارض حيث إن البحاث استعملوا فى تجاربهم نباتات من أصناف مختلفة متفاوتة العمر، وفى مناطق تختلف ظروفها الجوية. ومن المعتقد أن شدة الفيروس لم تكن واحدة فى كل التجارب.

بناء على ما سبق يمكن القول أن التغيير فى تبادل الغازات فى حالة أوراق البطاطس المصابة بالتجعد غير ثابت، ويمكن الا يوجد فى حالة بعض الظروف. ومثل هذه النتائج المختلفة حصل عليها فى حالة تقدير نباتات مصابة بفيروس موزايك الدخان.

فلاحظ بعض البحاث مثل:

Daniel 1930, Glaston, 1942, and Lohr and Muller 1952, Koldvel زيادة فى تنفس النباتات المصابة، بينما لاحظ البعض الآخر انخفاض التنفس Mckleon 1957, Lemmon 1953) وآخرون لم يلاحظوا اختلافًا فى تنفس النباتات المصابة عن تنفس النباتات السليمة.

كل هذا يعطى أساسًا للاقتراح بأن عملية التنفس فى حالة بعض أمراض النباتات الفيروسية لا يحدث لها تغيير ملموس، وإذا ما حصلت تغيرات فإنها غير مؤكدة، وليست دليلاً على بداية الإصابة.

وإذا ما نظرنا للتنفس على أنه بداية القوة energy الضرورية لتمثيل كل النيوكليوبروتين المتكون فى الخلايا بالمصابة، فإنه ليس من الضرورى وجود الزيادة الملحوظة لمستوى التنفس فى الخلايا المصابة؛ حيث إن البروتين فى كلتا الحالتين واحد تقريبًا، إذ يكون تجمع الفيروس على حساب نيوكليوبروتين الخلايا الذى تقل كميته، ولكن الكمية العامة للنيوكليوبروتين تظل ثابتة نسبيًا، ورغم أنه فى بداية الإصابة فإن تمثيل النيوكليوبروتين ومستوى التنفس دائمًا ما يرتفع.

ثانيًا: الإنزيمات المؤكسدة: Oxidative enzymes

لاحظ Woods (1899) زيادة ملحوظة فى عمل إنزيم الأكسيديز فى نباتات الدخان المصابة بالموزايك. كما وجد Kokin (1937) أنه فى حالة وجود هذا المرض يزداد نشاط البيروأكسيديز. ولاحظ هذا أيضًا Bunzel (1913) فى حالة إصابة بنجر السكر بفيروس تجعد القمة. ولاحظ Oparin (1929) هذا فى حالة موزايك بنجر السكر، كما لوحظ أيضًا فى حالة فيروس تجعد أوراق البطاطس وفيروس برونز الطماطم.

ويزيد نشاط إنزيمات التحلل المائى فى حالة الدخان Vager (1955) وموزايك تجعد أوراق البطاطس Kyprevitch (1947) ويقل نشاط الكتاليز فى حالة الأمراض الفيروسية، وهذا واضح فى أمراض موزايك الدخان والطماطم وموزايك البطاطس.

ثالثًا: التمثيل الضوئى: Photosynthesis

فى حالة كثير من الأمراض الفيروسية، تقل كمية الكلورفيل فى البلاستيدات الخضراء، ولهذا تظهر مظاهر الموزايك والكلوروفيل العام، ففى حالة إصابة نباتات الدخان بالموزايك يقل الكلوروفيل بنسبة ٢٥-٥٥٪ حسب السلالة المسببة.

ووجد علام وآخرون سنة ١٩٧٤ نقص محتوى الكلوروفيل الكلى لنباتات الدخان المصابة بفيروس موزايك الدخان، ولا سيما فى الأصناف الشديدة الحساسية للإصابة بهذا الفيروس، ويتضح ذلك من الجدول (٦ - ٣):

جدول (٦ - ٣) : ٪ للمحتوى الكلورفيللى فى أصناف مختلفة

من الدخان أصيبت بفيروس موزايك الدخان .

المعاملة	الأصناف						
	Hicks	N.C. 95	Harison	White gold	Kuntaky	Burley
سليم	٠,١٣	٠,١٣	٠,١٤	٠,١٤	٠,١٠	٠,١٢
مصاب	٠,٠٦	٠,٠٥	٠,٠٩	٠,٠٨	٠,١٠	٠,١٢

وفى حالة تجعد البطاطس تقل كمية الكلوروفيل فى أوراق متوسطة العمر بنسبة ٢٤-٣٦٪، وتنخفض قوة التمثيل الضوئى بنسبة ٣٠٪ فى المتوسط. وفى حالة الموزايك فى البطاطس يمكن أن تنخفض قوة التمثيل الضوئى إلى ٣٠٪ .

رابعًا: تمثيل الكربوهيدرات : Carbon assimilation

يحدث تغير لعملية تمثيل الكربوهيدرات فى حالة إصابة النبات بالفيروس، فمثلاً تنخفض كمية الكربوايدرات فى الأوراق المصابة بالموزايك، بينما تزداد فى حالة إصابتها بالاصفرار. وتنتمى للموزايك أمراض موزايك الدخان وموزايك البطاطس وموزايك الخيار، وتنتمى للاصفرار أمراض التفاف أوراق البطاطس، وستلبور العائلة الباذنجانية، اصفرار بنجر السكر، تجعد الشعير، موزايك القمح الشتوى، وكثير من الأمراض الأخرى.

فى الخطوات الأولى لإصابة أوراق نباتات الدخان بفيروس موزايك الدخان، فإن تأثير الفيروس يلاحظ فى الكربوأيدراتات أولاً وبالأخص فى النشا الذي يكشف عنه بواسطة اليود، باستمرار المرض فى تقدمه يلاحظ قلة كمية الكربوأيدرات فى الأوراق المصابة عن كميتها فى أوراق النباتات السليمة. ويؤدى موزايك بنجر السكر إلى انخفاض كمية السكر فى ثماره الجذرية. لوحظ فى تجعد أوراق البطاطس، وتجعد الحبوب وستلبور العائلة الباذنجانية، واصفرار بنجر السكر.

وربما يكون سبب تجمع الكربوأيدرات فى أوراق النباتات المصابة بالاصفرار، هو عدم

انتقالها إلى الأجزاء الأخرى، وكذلك قلة استعمال الأوراق لها، وطبيعى أن يرتبط عدم انتقال الكربوايدرتات إلى الأجزاء الأخرى من النبات بتوقف وظيفة اللحاء؛ إذ يلاحظ وجود نيكروزيس فى لحاء النباتات المصابة بفيروس تجعد أوراق البطاطس أو فيروس تجعد الحبوب.. أما فى حالة الإصابة بفيروس ستلبور الطماطم، فإنه لا يلاحظ نيكروزيس، ولكن يلاحظ تغير تشريحى فى أنسجة اللحاء.

خامسًا: تمثيل الأزوت: Nitrogen assimilation

وجد أنه فى حالة تجميع جزيئات فيروس الموزايك فى أوراق نبات الدخان المنفصلة يظل مستوى البروتين الآزوتى دون تغيير رغم ما يحدث للبروتين من تحلل مائى. وفى حالة تجمع الفيروس فى النباتات التى تحصل على تغذية جيدة، لوحظت زيادة فى كمية البروتين الأزوتى عما هو فى نباتات المقارنة، كما تظل فاعلية إنزيم البروتينيز كما هى دون تغيير.

ووجد علام وآخرون أن المحتوى النسبى من النيتروجين الكلى قد ازداد فى انسجة أوراق وساق وجذور نباتات الدخان، نتيجة للعدوى الصناعية بفيروس موزايك الدخان حتى عمر مائة يوم، ولوحظت زيادة فى المحتوى النسبى للنتروجين الذائب نتيجة للعدوى الصناعية بالفيروس فى الفترة الأولى من حياة النبات، وتوقفت هذه الزيادة فى العمر الثانى من النبات، وعلى العكس من ذلك وجد هناك زيادة فى المحتوى النسبى من النتروجين غير الذائب، وكذلك النسبة بين النتروجين غير الذائب فى العمر الثانى من النبات.

يشكل نيوكليوبروتين الفيروس بحوالى ١٠٪ من الوزن الجاف للبروتين الذائب وغير الذائب لأوراق الدخان المصابة (حسب بودن وبيرى ١٩٤٦)، كما وجد Komner 1952 أن كمية الآزوت غير البروتينى تقل كميته فى النبات المصاب عنه فى النبات السليم.

وتتوقف العلاقة بين الكربون والآزوت C/N فى النباتات المصابة واختلافها عنها فى النباتات السليمة على سلوك المرض نفسه. ففى حالة أمراض الموزايك تقل هذه النسبة، أما فى حالة الاصفرار فتزيد النسبة، ويكون التغير فى كمية الكربوايدراتات فى النباتات المصابة العامل الأساسى فى اختلاف النسبة، رغم أنه مرض تجعد الحبوب Striate يحدث بجانب

الزيادة فى كمية الكربوايدراتات فى الأوراق انخفاض فى البروتين الآزوتى.

وفى حالة موزايك الدخان تزداد الأحماض الأمينية الحرة فى الأنسجة، وبالأخص أحماض الأسبرجين، فبتحليل المستخلص الذائب للأوراق المصابة بالموزايك لوحظ على ورق الكروماتوجرافى أحماض هستدين، ليسين والاسبرجين التى لم تحفظ فى الأوراق السليمة.

سادسًا: النتح: Transpiration

لم تدرس هذه الناحية الدراسة الكافية فى النباتات المصابة بالأمراض الفيروسية. لوحظ فساد واضح فى الاتزان المائى بنباتات البطاطس، والفلفل وأصناف كثير من الباذنجان المصابة بفيروس ستلبور؛ مما يؤدى إلى آثار باثولوجية حادة تنتهى بذبول وموت النباتات. وربما يرتبط سبب الذبول بإصابة المجموع الجذرى إلا أن هذا لم يدرس جيداً.

سجل كوبرفيتش (١٩٣٤) زيادة النتح فى حالة البطاطس المصابة بالموزايك، ووجد Kohin (1939) عكس ذلك فى حالة موزايك الدخان، كما وجد ذلك أيضًا كوبرفيتش (١٩٤٣) بالنسبة لتجعد أوراق البطاطس.

سابعًا: النمو: Growth

توقف النمو يظهر كأوضح وأهم مظهر إصابة لأمراض النباتات الفيروسية، وتسبب بعض الفيروسات ضعفًا كبيراً لنمو النبات. ومن هذه الفيروسات فيروس التجعد وفيروس الاصفرار فى البطاطس، وفيروسات أخرى وينتج قصر النبات عن نقص فى طول الخلايا، كما تقل فى نموها فمثلاً النموات الخيطية لدرنات البطاطس المصابة بفيروس ستلبور، تتكون من خلايا مختزلة حيث تظهر كميتها فى القطاع العرضى، أقل منها فى حالة النموات الناتجة من الدرنات السليمة، واختزال ويكون صغر حجم النبات المصاب نتيجة لفساد فسيولوجى عام، وكما يظهر فهو أقل ارتباطًا بالتغير فى المحتويات المنشطة للنمو.

obeikandl.com

الفصل الثانى

مظاهر الإصابة الفيروسية

Symptoms Of Virus Infection

يختلف تأثر النباتات بالإصابة بالفيروس من آثار بسيطة إلى موت سريع. والفيروسات متطفلة إجباريا، وإذا قتلت عوائلها فهى فى الوقت نفسه تحد من وجودها، إلا أنها تسبب أمراضاً مزمنة أكثر من تسببها لأمراض مميتة، فإذا انتشر الفيروس فى عائل مسبباً له الموت السريع، يكون فى الوقت نفسه له القدرة على إصابة عوائل أخرى لا يؤدى إلى موتها.

وعند دخول الفيروس الخلية النباتية يتضاعف فيها، وقد ينتشر داخل أعضاء النبات المختلفة، وتكون الإصابة نتيجة لذلك عامة Systemic infection تعطى مظاهر إصابة عامة بأجزاء النبات المختلفة Systemic Symptoms.

وقد يكون النبات حساساً للفيروس (hypersensitive) تنحصر الإصابة فى منطقة دخولها، دون أن تنتشر إلى الأجزاء المختلفة من النبات، وتسمى فى هذه الحالة إصابة موضعية Local infection، تؤدى إلى مظاهر إصابة محلية Local Symptoms. وللإصابة الفيروسية أوجه عدة فقد يحدث فوراً، وبعد حدوث الإصابة وانقضاء فترة الخسوف Eclipse period ظهور حالة شديدة من المرض، وتسمى هذه بالوجه الحاد للإصابة Shock Phase or acute case، والتى أحياناً ما تؤدى إلى موت النبات، فتسمى إصابة مميتة Lethal infection، ولكن عادة ما يعيش النبات ويبدأ ظهور وجه آخر من أوجه الإصابة، وهو الوجه المزمن؛ أى إصابة مزمنة Chronic infection وفيه تظهر على الأجزاء الحديثة من النبات مظاهر إصابة أقل شدة مما ظهرت فى الوجه الحاد من الإصابة. وربما يحمل بعض الشفاء للنبات المصاب أو شفاء تام recovery، وقد يتبادل الطوران أو وجها الإصابة الوضع، وهذا واضح فى بعض أمراض الفاصوليا؛ إذ تظهر على بعض من الأوراق مظاهر حادة شديدة، ثم تخرج مجموعة أخرى من الأوراق مظاهر إصابة خفيفة و... هكذا.

ويمثل هذه الحالة أيضاً مظهر التبقع الحلقى Ringspot، وأحياناً لا تؤدى الإصابة الفيروسية إلى مظاهر إصابة مرئية، ويسمى هذا بغياب المظاهر الخارجية inapparency of symptoms، وكان جيمس جونسون عام ١٩٢٥ James Johnson أول من وجه النظر لهذه الظاهرة؛ إذ وجد الفيروس فى نباتات بطاطس شبه سليمة، ومنذ ذلك الوقت وأخذت قضية تخفى مظاهر الإصابة الخارجية انتباهًا خاصًا، خاصة لا رتباطها بالنباتات التى تتكاثر خضرياً وتعطى الشهادات certified seeds، وكذلك فلهذه الصفة أهمية بالنسبة للإصابة الفيروسية، فهى تمثل مشكلة عامة فى مقاومة هذه الأمراض؛ إذ إن مثل هذه النباتات التى تظهر سليمة تمثل نقطة انطلاق، تنتشر منها الإصابة إلى النباتات المجاورة القابلة للإصابة، سواء من النوع نفسه أو من أنواع نباتية أخرى. وتوجد فيروسات عديدة لها عوائل لا تظهر مظاهر خارجية نتيجة للإصابة، وقد يطلق على هذه الحالة الإصابة المتخفية (Latere = to lie hidden) Latency infect، وليس لهذه العوائل القابلة للإصابة حساسية معينة، ولكن لها قوة تأثير على الفيروس يجعلها لا تظهر تأثراً ظاهرياً للإصابة، وتسمى مثل هذه النباتات carrier hosts أى حاملة للإصابة، مثل فيروس الموزايك المتأخر للحامول Dodder Latent Mosaic V.، وفيروس القرنفل المتأخر Carnation latent V.. وربما وفى بعض الأحيان تختفى مظاهر الإصابة الخارجية لوقت ما، فتظهر الأجزاء النباتية المتكونة حديثاً خالية من المظاهر الخارجية. ولكن قد تعود المظاهر بعد وقت، وتسمى هذه الظاهرة بالتخفى masking، وغالبًا ما تسبب الظروف الجوية مثل الحرارة والضوء هذه الحالة، ومن أمثلتها: فيروس تقزم البرقوق Prune Dwarf V.؛ حيث يختفى المرض فى البرقوق الإيطالى إذا ما تعرض لحرارة أعلى من ٣٠° م، وكذلك فيروس X البطاطس حيث تختفى مظاهر الإصابة فى الحرارة والضوء الشديد.

وإذا اختفى المرض بصفة دائمة فتسمى هذه الحالة شفاء recovery رغم وجود الفيروس بداخل النبات مثل فيروس التبقع الحلقى فى الدخان T. Ring Spot ويعبر عن هذه الحالة بالمناعة المكتسبة Acquire immunity، وغير معروف طبيعة هذه الحالة عن حالة Latency بوجود مظاهر الإصابة على الأجزاء القديمة المسنة من النبات.

وفى حالة الفيروسات التى تنتقل خلال البذور أو التقاوى (البطاطس والفاصوليا) يستعمل اصطلاح الإصابة الأولية Primary infection للإصابة التى تظهر مظاهرها فى موسم الإصابة نفسه، والإصابة الثانوية Secondary infection للإصابة الناتجة من زراعة بذور أو تقاوى مصابة.

فمثلاً فى حالة فيروس التفاف الأوراق فى البطاطس PLRV، فإن الإصابة الأولية هى التى تظهر مظاهر إصابتها فى الموسم نفسه، والإصابة الثانوية، أو الطور الثانوى هو ظهور الالتفاف على أوراق النباتات الناتجة من زراعة درنات مصابة.

وتنشأ أعراض الإصابة الفيروسية نتيجة لحدوث تغيرات فى التفاعلات الكيميائية الحيوية، التى تأخذ مجراها فى النبات، وذلك لوجود مجاميع كيميائية خاصة فى تركيب جزىء الفيروس، وتختلف الأعراض التى تحدثها الفيروسات باختلاف تلك المجاميع وعوائلها والظروف المحيطة.

وتسبب الإصابة الفيروسية وتنعكس على النباتات على هيئة تغيرات أو مظاهر خارجية، يمكن رؤيتها بالعين المجردة، وأخرى داخلية فى النباتات المصابة، من أهمها:

١ – تغيرات كيميائية Chemical Disorders.

٢ – تغيرات سيتولوجية وتشريحية Cytological & Anatomical Disorders.

٣ – وجود أجسام داخلية غريبة عن النبات Inclusion Bodies.

٤ – وجود جزيئات فيروسية تمثل الفيروس.

وسنتناول هذه المظاهر الناتجة عن الإصابة الفيروسية بشىء من التفصيل كالآتى:

أولاً: التغيرات الكيميائية: Chemical Disorders

كما سبق القول فإنه بدخول الفيروس إلى أنسجة النبات يسيطر على العمليات الكيميائية الحيوية التى تجرى ويسخر النبات أولاً لتخليق المواد التى يستخدمها فى مضاعفته، هذا بجانب أن **بعض الفيروسات تسبب تكوين محتويات داخلية وحدوث**

تغيرات كيميائية، قد تنعكس على هيئة مظاهر إصابة مرئية أو محسوسة، مثل:

١ – النقص فى محتوى الكلوروفيل والزيادة فى تركيز الكاروتين والاكزانثوفيل Xanthophylls التى تؤدى إلى تغير فى لون الأوراق، كما أنه بدراسة مقارنة نباتات الدخان وايت بيرلى White Burley المصابة بالموزايك والسليمة، وجدت زيادة فى حمض الماليك Malic acid، ونقص ملحوظ فى حمض Suxcinic acid، كذلك فإن زيادة تركيز صبغة الأنثوسيانين anthocyanins فى الخلايا ربما تتأثر نتيجة للإصابة الفيروسية، ويتبع هذا ظهور لون أحمر غير عادى، أو ألوان أرجوانية تظهر على الأوراق، أو على الأزهار. وكذلك فى حالة موت الأنسجة يظهر مركب قاتم من الميلانين dark - coloured melanins.

٢ – ويوجد تغير كيميائى له أهمية من الناحية التشخيصية، وهو إفراز المواد الشبيهة بالصمغ؛ Gummosis أى إفراز مواد بنية محمرة، وهذه مثلاً تعتبر مظهراً تشخيصيًّا (مميزًا) لمرض موزايك البرسيم الأبيض White clover mosaic ومرض القوباء فى الموالح.

٣ – ويوجد أيضاً تغير كيميائى معروف هو التجمع غير الطبيعى للنشا فى الأوراق، والذى ينشأ عنه زيادة سمك الورقة والتفافها، كما هو الحال بالنسبة لفيروس التفاف أوراق الكمثرى Pear leaf roll، وفيروس التفاف أوراق البطاطس PLRV، وفيروس اصفرار بنجر السكر Sugar beet yellows، ويمكن تعرف هذا التجمع من النشا بسهولة بواسطة اختبار اليود iodine - potassium iodide بعد إزالة الكلوروفيل من الورقة بواسطة الكحول.

وكان يعتقد ولوقت طويل أن ضعف انتقال النشا يرجع إلى وجود نيكروزيس فى اللحاء، إلا أن تجارب Hanke 1957 على فيروس اصفرار بنجر السكر أوضحت أن انتقال الكربوايدراتات يعطل نتيجة لنشاط غير عادى لإنزيم الفوسفاتير Phosphatase، وأن التغيرات التشريحية تلاحظ فقط بعد أن يقل انتقال الكربوايدرات.

٤ – وتغير كيميائى آخر هو ما اتضح من عمل قطاعات فى أفرع التفاح خاصة صنف

لامبرون Lambourne وصنف لورد Lord المصابة بفيروس الخشب المطاط Rubbery Wood، إذ وجد بعد عمل هذه القطاعات وصبغها بواسطة حمض الهيدروكلوريك hydrochloric acid وصبغة فلوروجلوسينول Phloroglucinol ظهور مناطق كبيرة لونها خفيف، اتضح أن جدر خلاياها سميكة نتيجة لترسب السليلوز Cellulose بدلاً من اللجنين، وأدى هذا إلى مرونة كبيرة للأفرع تجعلها مطاطة. ويوصف هذا التغير غير الطبيعي بأنه الأفرع الخشبية المطاطة Rubbery Wood Symptoms، وتوجد هذه المظاهر على الأشجار المسنة، والتى تسمى Weeping habit، حيث تميل الأفرع الصغيرة تحت ثقلها وثقل المحصول.

ثانيًا : التغيرات السيتولوجية والتشريحية:

Anatomical & Cytological Deviations

وهو تغير فى الوحدة الأساسية وهى الخلية. وربما ينظر إلى التغير الذى يحدث فى الخلايا على أنه تغير تشريحى، ولكنه أيضاً ذو طبيعة كيميائية Histochemical deviations.

ويجب أن يكون مفهوماً أنه رغم أن هذه التغيرات تكون واضحة فى الأنسجة، إلا أن لبعضها أصلاً وراثيّاً، ولذلك أطلق على هذه التغيرات مصطلح التغيرات السيتولوجية Cytological deviation.

لا يعرف الكثير عن تأثير الفيروس على شكل Shape الخلايا، ولكن المهم هو تأثير الفيروس على حجم Size وعدد number الخلايا. **وهذا يأخذ أشكالاً عدة يطلق على كل منها اصطلاح خاص به كالآتى:**

١ – اصطلاح Hypertrophy (Cr. hyper = over), trephein - to nourish)

ويستعمل هذا الاصطلاح للزيادة غير الطبيعية فى حجم النسيج نتيجة للزيادة غير الطبيعية للخلية، ويمكن استعماله أيضاً للزيادة غير الطبيعية للأعضاء.

٢ – Hyperplasia وهو الزيادة غير الطبيعية فى عدد الخلايا (Gr. Plassein to mold)

أما عندما تكون الزيادة فى عدد الخلايا غير محدودة تقريباً، كما فى حالة النموات

الدرنية Tumors فيستعمل اصطلاح cell proloferation.

٣ – Hypoplasia (Gr. Hypo = under or less than ordinary)

ويشير الاصطلاح إلى تكوين عدد أقل من الخلايا أو الخلايا الأصغر حجماً، ويستعمل أيضاً فى حالة صغر حجم الأعضاء.

٤ – Atrophy يستعمل هذا الاصطلاح فى حالة عدم كبر الخلايا أو الاعضاء؛ نتيجة لعدم تكاثر الخلايا أو عدم زيادة حجمها.

٥ – وقد لوحظ أن التأثير على عدد وحجم الخلايا دائماً ما يؤدى إلى تشوه الأعضاء Malformation

٦ – ومن التغيرات السيتولوجية تغير عادى دائماً ما يوجد فى النباتات المصابة، وهو زيادة تكوين زوائد tyloses كما فى أوعية الخشب الحية فى العنب المصاب بمرض بيرسس Pierce's dis. وهذا يؤدى إلى اختزال النمو وذبول النباتات.

تظهر زوائد من الخلايا الحية البارانشيمية للخشب Wood parenchyma، ومن خلايا الأشعة الوسطى medullary rays وتمر هذه النموات خلال النقر Pits فى جدار الوعاء وتنتفخ إلى بالونات Bladders ذات جدار رقيق فى Lumen الوعاء.

٧ – وهناك تغير آخر تركيبى وهو تكوين الفلين Cork formation.

٨ – وتغير ثامن هو الصلابة turgidity.

٩ – والانتحام الكلى للخلايا collapse ويحدث هذا نتيجة لنقص الرطوبة فى الخلايا.

١٠ – وتغير ينتج عنه موت الخلايا، ويسمى

(Gr. nekroun - to make dead) necrosis.

ثالثًا : المظاهر الداخلية للإصابة : Internal Symptoms

التغيرات التى تحدث داخل النباتات المصابة بالفيروسات تكون على نوعين: النوع الأول

هو تغير فى الأنسجة العادية أو كمحتويات الخلية والنوع الثانى هو إنتاج أجسام داخل الخلايا المصابة لا توجد فى الخلايا السليمة.

أ - المحتويات الفيروسية داخل الخلايا : Intracellular inclusions

هذا النوع من التغيير أكثر تمييزاً للأمراض الفيروسية، إذ إن هذه المحتويات لا توجد مصاحبة لأى مرض معدٍ خلاف الأمراض التى تسببها الفيروسات. إنها توجد فى الحيوانات والنباتات المصابة ببعض الفيروسات، ودون شك فإنها نتيجة مباشرة للإصابة الفيروسية، وينظر إليها بعض البحاث كأطوار فى حياة المسبب، والبعض الآخر يعتبرها كتلاً تجمع بروتين النبات.

وكان إيفانوفسكى أول من اكتشف بلورات الفيروس أثناء عمله على مرض موزايك الدخان، وقدم رسومات تمثل المحتويات البلورية فى أوراق الدخان المصاب، هذه المحتويات تسمى حالياً بلورات إيفانوفسكى. كذلك كان إيفانوفسكى أول من كتب عن وجود محتويات أخرى غير بلورية الشكل (أميبية الشكل) والمشهورة فى المراجع تحت اسم أجسام X.

ورغم أن وجود هذه المحتويات يعتبر مميزاً للفيروس، إلا أنها لا توجد مصاحبة لكل الأمراض الفيروسية، فمثلاً لا تلاحظ فى حالات الإصابة بفيروس التفاف أوراق البطاطس وفيروس تجعد أوراق الطماطم واصفرار الاستر، وبعض الفيروسات الأخرى، كما فى الجدول رقم (٦ - ١).

ويعتمد إنتاج المحتويات الداخلية على الفيروس المسبب أكثر من الاعتماد على العائل المصاب، فمثلاً لوحظت بكثرة فى عدد كبير من النباتات المصابة بفيروس موزايك الدخان، وتعذر رؤيتها فى هذه النباتات نفسها عند إصابتها بفيروس موزايك الخيار، رغم أن مظاهر الإصابة الخارجية بالفيروسين تكاد تكون متشابهة.

ويبلغ حجم المحتويات الداخلية من ٥ - ٣٠ ميكرون.

وتختلف الأشكال البلورية المميزة للفيروسات المختلفة، فمثلاً وجود بعض سلالات

فيروس موزايك الدخان يكون بلورات، يمكن تمييزها بسهولة.

وتكون البلورات ذات أشكال منها:

١ – صفائح سداسية Irregular Hexagonal Plates، كما فى فيروس موزايك الدخان.

٢ – بلورات أيزومترية Isometric Crystals مثل فيروس موزايك البسلة.

٣ – بلورات مغزلية Spindle Shaped bodies مثل فيروس الصبار.

٤ – بلورات إبرية Needle Shaped Fibres مثل موزايك الدخان.

ونادراً ما توجد المحتويات البلورية داخل النواة intranuclear inclusions فى النباتات المصابة بالفيرس. وقد وجدها Kassanis 1939 فى نباتات الدخان وبعض النباتات الأخرى المصابة بفيروس etch.

وربما يوجد أكثر من بلورة داخل النواة، كما هو الحال فى البقوليات المصابة بفيروس موزايك البسلة أو الموزايك الأصفر للفاصوليا؛ حيث وجد Mc Whorter عام ١٩٤١ أكثر من خمس بلورات.

تتبع Tcex عام ١٩٥٤ عملية تكوين بلورات إيفانوفسكى فى الخلايا، وكتب عنها الآتى:

يظهر أولاً فى بروتوبلازم الخلايا المصابة فقاعات متلاصقة كثيفة، يصل قطرها إلى بضع ميكرونات. ترتبط هذه الفقاعات وتلتصق ببعضها وتصبح ذات سيمترية وكالمرآة، ثم تنمو مكونة بلورات مستديرة مبتدئة من الخارج إلى الداخل، متحولة تدريجيًّا إلى صفائح سداسية. هذه الصفائح تكون فى بادىء الأمر رقيقة، وتتكون من عدد غير كبير من الطبقات ثم يزداد عدد طبقاتها باطراد النمو.

وذكر أيضاً أنه فى أثناء حياة الخلايا فإن البلورات أحياناً ما تتعرض إلى أن تسيل (تذوب) وتتحول إلى تركيب خيطى.

المحتويات الأمورفية أو أجسام X توجد فى كثير من الأمراض الفيروسية. وقد ثبتت

علاقتها بالإصابة الفيروسية، كما هو الحال فى الإصابة بفيروس موزايك الدخان وفيروس النقط الحلقية الدخان.

وتتركز الأهمية فى التشخيص على هذه المحتويات الأمورفية؛ حيث إنها تختلف بوضوح عن باقى محتويات الخلية.

يتضح من دراسة مورفولوجى أن أجسام X التى تكونها فيروسات مختلفة تكون غير متشابهة، فبعض السلالات لفيروس موزايك الدخان وفيروس برونز الطماطم وفيروس تقزم الأرز، وفيروس موزايك التيوليب، وفيروسات أخرى تكون فيها أجسام X ذات بناء هش، يحتوى على فراغ أو أكثر. وفيروس تجعد قمة بنجر السكر وفيروس موزايك البصل تكون أجسام X فيها متلاصقة دون فقاقيع أو فراغات.

للوسط الموجود به الفيروس تأثير على شكل المحتويات الداخلية؛ فمثلاً يكون فيروس موزايك الدخان داخل الخلايا النباتية بلورات سداسية الشكل، ولكنه فى حالة إضافة كبريتات أمونيوم إلى عصير النبات المصاب.. فإنه يترسب على هيئة باراكريستال، ويكون فيروس X البطاطس داخل الخلايا أجساماً أميبية الشكل، أو فى حالة صبه فى أنابيب فإنه يعطى راسبًا أمورفيًا وفى بعض الحالات فإنه يكون سائلاً بلوريًا.

ويمكن أن تتغير الأشكال المختلفة للمحتويات الفيروسية طبقاً لخواص بروتوبلازم الخلايا. فمثلاً نجد أن فيروس Striate Mosaic يكون فى خلايا نباتات الشوفان المصابة محتويات على هيئة بلورات إبرية طويلة متراصة، ويكون فى خلايا نبات Couch Grass quak grass *(Agropyrum tenerum)* الزاحف بلورات مغزلية الشكل Spindle Like، ويكون فى النسيج الداخلى للحشرة الناقلة *Liburoia striatella* محتويات أمورفية مفرغة.

وتكون سلالة فيروس الدخان المسماة Aucuba Mosaic V. فى خلايا كثير من أصناف النباتات التابعة لعائلات مختلفة، فى ثلاث أشكال مختلفة من المحتويات الفيروسية، وهى أجسام X الأمورفية، باراكريستال إبرية وصفائح بلورية سداسية. وفى خلايا نبات *Dallinsia bicolor* المصاب بهذا الفيروس تتكون أجسام X الأمورفية فقط.

قد يكون للعمليات التحضيرية التى تجرى عند تحضير العينات النباتية المصابة لفحصها

تأثير فى تكوين محتويات داخلية، كما هو الحال فى حالة تأثير محاليل الأملاح الحمضية المستعملة فى تثبيت Fixation أنسجة نباتات القمح المصابة بفيروس موزايك القمح الشتوى المعروف بأنه لا يكون محتويات داخلية، إذ يظهر فيها أجسام باراكريستال كبيرة.

ويلخص عمل جولدن Golden 1954 عن موضوع المحتويات الفيروسية داخل خلايا النبات المصاب فى الآتى:

١ – مجموعة الأجسام الأميبية أو أجسام X ليست من أصل واحد، وكل ما هو معروف للآن أنها تكوين بروتينى ولكن طبقاً لخواصها الكيماوية والطبيعية فإنها مختلفة كلية. وفى حالة الإصابة بفيروس موزايك الدخان، فإن تكوين هذه المحتويات فى الخلايا الحية لا يتبع الطريق نفسه الذى تتبعه تكوين أجسام X الخاصة بالموزايك الأصفر، من حيث الذوبان، الشكل، المحتويات، تطورها ونموها، وخلايا النبات حيث يختلف كل عن الآخر اختلافاً كلياً.

٢ – حيث إن ظهور المحتويات الفيروسية فى خلايا النبات يأخذ طرقاً مختلفة: فعند تكون محتويات أحد الفيروسات يمكن أن يلعب أحد العوامل دوراً لا يلعبه عند تكوين محتويات الفيروس الآخر، مثل: عمر النبات عند المرض، عوامل خارجية، ولذلك فإنه يسلك طريقاً آخر عند تكوينه.

٣ – المحتويات الفيروسية توجد حيث توجد الجزيئات الفيروسية.

٤ – يدل مورفولوجى المحتويات الفيروسية فى خلايا النباتات المختلفة على أن لكل فيروس علامات مميزة (محتويات)، ولا تتوقف فى كل الحالات على الخواص الفردية للعائل.

٥ – المحتويات الفيروسية ذات مناعة عالية للظروف الخارجية، ولهذا فيمكن الاعتماد عليها فى حالة دراسة فيروسات الأمراض النباتية المختلفة.

٦ – المحتويات البلّورية قادرة على التغير فى الخلايا الحية، ولكن لكى يحصل هذا فلابد من توفر ظروف خاصة.

٧ – المحتويات المختلفة ذات مقاومة عالية من حيث الشكل والتركيب، وفى حالات نادرة يحصل لها تغيير.

٨ – تمثل بلورات إيفانوفسكى جزيئات فيروسية بروتينية.

٩ – تمثل المحتويات البلورية داخل الخلايا تركيزاً للفيروس، فهناك علاقة متينة بين وجود هذه المحتويات وتركيز فيروس موزايك الدخان فى خلايا النبات.

١٠ – تنتشر المحتويات البلّورية الناشئة نتيجة للإصابة بموزايك الدخان داخل الخلايا بكميات مختلفة حتى أنه فى خلايا النسيج الواحد تكون كميتها مختلفة.

١١ – يؤكد العلماء الروس باستمرار أهمية المحتويات الفيروسية لتقسيم وتمييز الفيروسات النباتية، فيذكر Golden باستمرار أن المحتويات الفيروسية يمكن أن تعتبر اختباراً مؤكداً. وحسب تجاربه أمكنه القول أنه يمكن اعتبار تحليل المحتويات الفيروسية وسيلة واسعة الانتشار للملاحظة وتقدير وتقسيم الفيروسات المختلفة ودراسة خواصها الأساسية، كما أنه يمكن استعمالها كطريقة للكشف عن الفيروسات المتخفية Masked V.

تعتبر شيفيلد Sheffield ١٩٤٨ أن المحتويات تتكون من بروتين الفيروس. وأوضح Steere & Williams عام ١٩٥٣ بواسطة عزل المحتويات والفحص والميكروسكوب الإلكترونى أن البلورات ما هى إلا جزيئات فيروسية ومذيب طيار.

وتمكن براندز Brandes عام ١٩٥٦ بواسطة القطاعات الرفيعة / Ultrathin Sections من أن يجد أجسام X فيروس موزايك الدخان تتكون من جزيئات فيروسية فى ترتيب غير عادى Irregular Arrangement، ومحاطة تقريباً بغشاء Membrane، وعلى عكس هذا فى المحتويات البلورية حيث تظهر ترتيبًا منتظمًا Regular بلورياً للجزيئات الفيروسية. ووجد أن الأشكال المغزلية Spindles التى عثر عليها فى نباتات الصبار تحتوى على جزيئات فيروسية معدية فى ترتيب مميز.

أما كيف تجمعت جزيئات الفيروس فى هذه التركيبات فهو أمر غير معروف.

وأطلق Mc Whorter عام ١٩٤١ اسم Viroplasts على المحتويات الداخلية، ووجد Kassanis & Sheffield عام ١٩٤١ أن المحتويات الداخلية يمكن أن توجد مستقلة، كما يمكن أن تتحول المحتويات الأمورفية إلى محتويات بلورية.

فحص الأجسام الأميبية والبلّورية لفيروس موزايك الدخان :

يمكن رؤية الأجسام البلّورية لفيروس موزايك الدخان بوضوح فى شعيرات أوراق نبات الدخان المصاب باتباع الآتى :

١ – يعمل بواسطة حافة موسى حاد سلخ بسيط فى عرق على السطح السفلى للورقة المصابة .

٢ – يوضع السلخ بسرعة وباحتراس – حتى لا تتكسر شعيراته – فى نقطة ماء على شريحة زجاجية، ويغطى بغطاء زجاجى .

٣ – يفحص التحضير أولاً فى تكبير ٢٥٠ – ٣٠٠ مرة والشعيرات، التى يلاحظ بها محتويات زجاجية المظهر تفحص بتكبير أكبر.

فى حالة الإصابة بفيروس موزايك الدخان العادى، يمكن أن تلاحظ صفيحة أو أكثر رقيقة ذات منظر زجاجى وشكل سداسى فى جميع خلايا الشعيرات، ورؤية مثل هذه المحتويات تؤكد وجود الفيروس فى حالة الإصابة بسلالات مختلفة من فيروسات هذه المجموعة . ويلاحظ فى أول خلايا من قاعدة الشعيرة أجسام زجاجية، وفى آخر الخلايا صفائح سداسية .

زيادة فى تأكيد التشخيص يظهر أيضاً فى هذه الخلايا بلورات إبرية أو خيطية وأجسام أميبية X ويلاحظ أن جميع أجسام X ذات شكل خارجى واحد مع النواة، وتتميز عنها بغياب النوية .

ومن المهم أن نتذكر الآتى :

١ – ليس من الضرورى وجود الصفائح الزجاجية الشكل فى جميع شعيرات السلخ الذى يفحص، ولكن إن وجدت فى إحدى خلايا الشعيرة فلابد من وجودها فى جميع خلايا هذه الشعيرة، ونادراً جداً ما يرى (فى بعض خلايا الشعيرة) بلورات أو جزيئات متكافئة، والتى تظهر على أنها ليست محتويات فيروسية .

٢ – لملاحظة المحتويات الفيروسية يفحص عادة سلخ واحد بكل دقة . وفى حالة النتيجة السلبية يؤخذ سلخ آخر، ومن نبات واحد تؤخذ تسعة سلوخ من ثلاث ورقات علوية

وثلاث وسطية وثلاث فى قاعدة الساق، وينصح باستعمال أوراق، تكون مظاهر الإصابة عليها واضحة.

٣ – فى حالة تهتك خلايا الشعيرة فإن المحتويات الفيروسية البلورية سرعان ما تذوب وتختفى.

٤ – عند معاملة السلخ بحامض هيدروكلوريك واحد على مائة عيارى، فإن المحتويات البلّورية ترسب على هيئة بلورات إبرية.

٥ – المحتويات الفيروسية تثبت جيداً بواسطة حمض بكريك، وفى هذه الحالة تأخذ اللون الأصفر الفاتح.

أما الأجسام الأميبية فيجب صبغها حتى يمكن رؤيتها بوضوح، وتستخدم لذلك طرق عدة، منها الطريقة الآتية:

أ – عمل سلخ من بشرة ورقة مصابة.

ب – يثبت السلخ فى محلول مكون من ٠,٢٥٪ ثيوسلفات الصوديوم فى ٥٠٪ كحول لمدة ١٠ دقائق.

جـ – ينقل السلخ إلى كحول ٥٠٪ لمدة ١٠ دقائق ثم كحول ٧٠٪ لمدة ٥ دقائق، ثم كحول ٩٥٪ لمدة خمس دقائق.

د – يوضع السلخ فى طبق بترى به ماء لمدة ٣٥ دقيقة، ثم ينقل على شريحة زجاجية ويجفف من الماء.

هـ – يغمر السلخ بصبغة الجيمسا لمدة ٧ دقائق، ثم يغسل عدة مرات بالماء لمدة ٣٠ دقيقة.

و – يوضع السلخ على شريحة ويجفف، ثم تضاف إليه عدة نقط من كحول إيثايل نقى لعدة ثوان، حيث سيتغير اللون من البنفسجى إلى اللون الأزرق، وعندها يجب إضافة بعض نقط من زيت القرنفل على السلخ بعد التخلص من الكحول.

ز – يجدد زيت القرنفل عدة مرات إلى أن يقف تلونه باللون الأزرق، ثم يجفف السلخ من زيت القرنفل ويغمر بالزيلول لمدة ١٠ دقائق، يجفف بعدها الزيلول ويضاف كندا بلسم ويغطى بغطاء شريحة.

جدول (٦-١) : الفيروسات المنتجة للمحتويات الداخلية، وأنواعها،

وأشكالها، وأماكن تواجدها فى خلايا العائل.

اسم الفيروس	نوع الأجسام الداخلية	مكان تواجدها	شكلها
١ – السلالة العادية من فيروس موزايك الدخان (Common - TMV Strain)	– بلورات – أجسام أمورفية (x-bodies)	السيتوبلازم	– سداسية – غير منتظمة الشكل ومحببة وبها فراغات
٢ – سلالة الاكيوبا لفيروس موزايك الدخان (Aucuba - TMV Strain) ملاحظة: تكون أمورفية فقط فى نبات *Sallinsia bicolar*	– بلورات – باراكريستال. – أجسام امورفية (x-bodies)	السيتوبلازم	– سداسية – غير منتظمة الشكل ومحببة
٣ – فيروس إتش الدخان (TEV)	– بلورات – أجسام بريمية (Pinewheel) أو أسطوانية (Cylindrical)	النواة السيتوبلازم	

يتبـــع :

اسم الفيروس	نوع الأجسام الداخلية	مكان تواجدها	شكلها
٤ – فيروس موزايك البطيخ (WMV)	– أجسام بريمية أو اسطوانية – أجسام مساعدة (Sallinsia bodies)	السيتوبلازم فى النواة	
٥ – فيروس التبقع الحلقى فى الدخان (TRSV)	– بلورات	السيتوبلازم	– ألياف
٦ – فيروس الموزايك الأصفر فى البسلة (PYMV)	– بلورات	النواة	
٧ – فيروس تقزم الأرز (RDV)	– أجسام X – (x- bodies) – بلورات	السيتوبلازم فى أنسجة الحشرات	– ذات بناء هش به فراغ أو أكثر *Nephotetix cinetepes*
٨ – فيروس موزايك التيوليب (TuMV)	– أجسام X – (x- bodies)	السيتوبلازم	– ذات بناء هش به فراغ أو أكثر

obeikandl.com

يتبـــع :

اسم الفيروس	نوع الأجسام الداخلية	مكان تواجدها	شكلها
٩ – فيروس اللون البرونزى فى الطماطم (TBV)	– أجسام X – (x- bodies)	السيتوبلازم	– ذات بناء هش به فـــراغ أو أكثر
١٠ – فيروس تجعد البنجر السكر (SBCTV) ١١ – فيروس موزايك البصل (OMV)	– أجسام X – (x- bodies)	السيتوبلازم	– متلاصقة دون فقاقيع أو فراغات
١٢ – فيروس التخطيط الموزايكى فى القمح (WSMV)	بلورات	السيتوبلازم	– إبرية طويلة مـــتـــراصـــة فى الشوفان – القمح – الذرة – الشعير.
	بلورات	السيتوبلازم	– مغزلية فى نبات *Agropyrum tenerum*
	أمورفية	فى أنسجة الحشرات	– مفرغة فى حشرة *Striatella Liburnia*

اسم الفيروس	نوع الأجسام الداخلية	مكان تواجدها	شكلها
١٣ – فيروس X البطاطس (PVX)	أمورفية بلورات أو شبه بلورى	السيتوبلازم السيتوبلازم	– أميبية الشكل
١٤ – فيروس الموزايك الأصفر فى الفاصوليا (BYMV)	بلورات	النواة	
١٥ – فيروس Y البطاطس (PVY)	Laminated bodies – أجسام بريمية (PW) أو اسطوانية	السيتوبلازم السيتوبلازم	– أجسام مسطحة شبه العجلة
١٦ – فيروس الراى جراس موزايك (RyMV)	– أجسام بريمية	السيتوبلازم	
١٧ – فيروس موزايك الأجروبيرون (AgMV)	– أجسام بريمية	السيتوبلازم	
١٨ – فيروس موزايك البروم (BoMV) ١٩ – فيروس تبقع الفول (BBMV) ٢٠– فيروس الموزايك الملون فى اللوبية (CoCMV) ٢١ – فيروس تبقع الفاصوليا (BsMV)	– أمورفية	السيتوبلازم	– قد تفوق حجم النواة

obeikandl.com

يتبـــع :

اسم الفيروس	نوع الأجسام الداخلية	مكان تواجدها	شكلها
٢٢ – فيروس اصفرار البنجر (BYV) ٢٣ – فيروس تبقع قرون الفاصوليا (BPMV) ٢٤ – فيروس النيكروزسيس المنقط فى القـــرنفل (CaNV)	– أمورفية	السيتوبلازم	– قد تفوق حجم النواة
٢٥ – فيروس موزايك الرايجراس (RyMV) ٢٦ – فيروس Sun hep (ShMV)	– بلورية	السيتوبلازم	– دائرية الحواف
٢٧ – فيروس التبقع الأخضر فى الخيار (CGMV)	– بلورية	السيتوبلازم	– شبه سداسية (صفائح رقيقة).
٢٨ – فيروس التفاف قمة البنجر (بنجر السكر) (SBCTV)	– أمورفية	السيتوبلازم	– بجوار النواة.
٢٩ – فيروس الذبول فى الفول (BBWV) ٣٠ – فيروس موزايك الباذنجان البرازيلى (BEMV)	– أمورفية – وبلورات	السيتوبلازم	– عديدة الأوجه.

يتبـــع :

اسم الفيروس	نوع الأجسام الداخلية	مكان تواجدها	شكلها
٣١ – فيروس موزايك القمح المنقول بالتربة (SBWMV)	– بلورية	السيتوبلازم	– إبرية داخل اغشية متراكمة من الشبكة الإندوبلازمية.
٣٢ – فيروس موزايك البسلة (PeMV) ٣٣ – فيروس الورقة المروحية في الرسيرى (RGFV) ٣٤ – فيروس التفاف الأوراق فى الكريز (CLRV) ٣٥ – فيروس موزايك الأرابس (AMV) ٣٦ – فيروس النقط الحلقية فى الراسيرى (RRSV)	– اجسام انبوبية	السيتوبلازم	
٣٧ – فيروس التبقع فى الدخان (TMV)	– اجسام داخلية (مكونات نباتية متحورة)	السيتوبلازم	– ميتاكوندريا متحورة متجمعة.
٣٨ – فيروس موزايك اللفت الأصفر (TuYMV)			– كلورو بلاستيدات متحورة متجمعة.

obeikandl.com

يتبـــع :

اسم الفيروس	نوع الأجسام الداخلية	مكان تواجدها	شكلها
٣٩ – فيروس شفافية العروق فى البيتونيا (PeVCV)	– مناطق نووية كاذبة Pesudonucleolar regions	السيتوبلازم	
٤٠ – فيروس (TRV) ٤١ – فيروس الذبول المنقط فى الطماطم (TSWV)	– أجسام داخلية مكونة من جزيئات فيروسية	السيتوبلازم	
٤٢ – فيروس موازيك القرنبيط (CaMV) ٤٣ – فيروس موزايك الداليا (DMV) ٤٤ – فيروس إتش الحلقى فى القرنفل (CaRV) ٤٥ – فيروس التقزم الأصفر فى اللفت (TuYSV) ٤٦ – فيروس تقزم الورق فى الشليك (StSV) ٤٧ – فيروس موزايك المارابيلس (MaMV)	– أجسام داخلية بها أجسام جولجى	السيتوبلازم	– مستديرة أو مستطيلة بها جزيئات فيروسية
٤٨ – فيروس النيكروزسيس الأصفر فى الخس (LYNV)	– تضخم النواة	النواة	– وبها فجوات .

يتبـــع :

اسم الفيروس	نوع الأجسام الداخلية	مكان تواجدها	شكلها
٤٩ - فيروس التقزم الأصفر فى البطاطس (PYDV) ٥٠ – فيروس التخطيط الموزايكى الأصفر فى الشعير (BYSMV) ٥١ – فيروس التقزم الأصفر فى البنجر (SBYSV)	– أجسام امورفية	السيتوبلازم	
٥٢ – فيروس التدرن الجرحى (WTV) ٥٣ – فيروس تقزم الأرز (RDV) ٥٤ – فيروس تقزم الذرة (MDV)	– أجسام داخلية مشابهة لمرض فيجى فى قصب السكر	السيتوبلازم	– أجسام بروتينية فيروسية .
٥٥ – فيروس التقزم والتخطيط الأسود فى الأرز (RDSBV) ٥٦ – فيروس العقم فى الشوفان (OSV) ٥٧ – فيروس التقزم الخشن فى الذرة (MRDV) ٥٨ – فيروس الزائد فى اللوبيا (CoEV) ٥٩ – فيروس تقزم البلانجو (PaSV)	– أجسام دقيقة حبيبية	السيتوبلازم	– قد تكون إبرية .
٦٠ – فيروس التخطيط فى الذرة (MSV)	Bundles	السيتوبلازم	– حزم من (FEO) وحزم من الأغشية فى اللحاء .

obeikandl.com

عند فحص السلخ سنجد أن الأجسام الأميبية وتأخذ لونًا بنفسجيًّا أما باقى أجزاء الخلية فتأخذ اللون الأزرق أو اللون الأزرق المخضر.

ب - التغيرات السيتولوجية والتشريحية الداخلية:

Cytological & Anatomical changes

كما يحدث فى النباتات المصابة بالفيروسات نوع آخر من التغيرات الداخلية أكثر توافقًا مع المظاهر الخارجية. وعمومًا فإن الفيروسات التى تسبب، مظاهر إصابة خارجية متشابهة تسبب أيضًا تغيرات داخلية متشابهة فى الخلايا.

وأوضح تغير يكون فى جهاز البلاستيدات؛ فمثلاً فى حالة أمراض الموزايك كما فى حالة أمراض الاصفرار تقل كمية الكلوروفيل فى البلاستيدات، ويختزل حجم البلاستيدات فى الخلايا المصابة علاوة على أن أجزاء منها تتكسر، وتكون البلاستيدات الخضراء أكثر حبيبية وأقل فى لونها، وعادة ما يكون شكلها غيرمنتظم.

وفى نواة الخلايا المصابة يحدث تغير، ففى خلايا النباتات المصابة بالموزايك، وفى بداية الإصابة يقل حجم النواة بوضوح، وفى الوقت نفسه يقل امتصاص النواة للأشعة فوق النبفسجية، وهذا يدل على نقص كمية أحماض النواة فيها. وفى حالة إصابة بنجر السكر بفيروس تجعد القمة وجد أنه فى بداية الإصابة تتأثر النواة فى نسيج الكمبيوم فيزداد حجمها ويصبح شكلها غيرمنتظم، وأخيراً تتكسر إلى عدد ٥ - ٧ نويات فى الخلايا البرانشيمية، بينما هى فى العادة ١-٢ نواة.

ويحصل خلل فى التبادل الغذائى داخل النباتات المصابة ببعض الفيروسات، يكون من نتيجته تجمع غير عادى لبعض مواد التمثيل فى الخلايا، فمثلاً يلاحظ فى حالة الإصابة بفيروسات الاصفرار تجمع ملحوظ للنشا فى خلايا المناطق الصفراء.

كذلك فى حالة مرض التفاف أوراق البطاطس حيث البلاستيدات الخضراء تمتلئ بالنشا وربما تنفجر.

ويحدث فى حالة كثير من الأمراض الفيروسية تجمع لصبغة الأنثوسيانين فى فراغات

الخلايا؛ مما يؤدى إلى تغير فى لون السوق والأوراق .

وتسبب بعض الفيروسات تغيراً فى التركيب التشريحى لأجزاء مختلفة من النبات المصاب، ففى مرض التفاف أوراق البطاطس ومرض Sereh لقصب السكر و مرض تجعد قمة بنجر السكر وتجعد الشليك وإصفرار الأستر يصحب التجميع الزائد للكربوايدرات شذوذ فى أنسجة اللحاء، ففى البطاطس يظهر بالأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة أجزاء ميتة (نيكروزيس) . كما تسبب فيروسات التفاف الأوراق نيكروزيس فى درنات بعض أصناف البطاطس، وكذلك يوجد نيكروزيس فى اللحاء، ويمتد إلى البريسيكل فى نباتات بنجر السكر المصابة بتجعد القمة . ويظهر على البطاطس المصاب بنيكروزيس القمة موت لأجزاء من اللحاء فى السوق والأوراق والدرنات، فيبدأ النيكروزيس فى اللحاء، وبعد أن يعم اللحاء ينتشر منه إلى الأنسجة الأخرى . يبدأ النيكروزيس بظهور فراغات فى الخلايا، تمتلئ بمواد صمغية ثم تتغلظ جدر الخلايا لترسيب اللجنين أو السوبرين بينما تختفى محتويات الخلية أو تتحول إلى مواد قاتمة غنية فى البكتين، ودائمًا ما يتكون نسيج فلينى حول المناطق النيكروزيسية خاصة فى الدرنات، وهو طبقات من الخلايا الفلينية التى أحيانًا ماتتصل ببعضها مكونة حلقة حول الجزء الميت .

ويصحب الإصابة بالفيروسات تغير فى حجم وشكل ونمو الخلايا، ففى حالة الإصابة بالموزايك يتغير شكل خلايا الورقة فى المنطقة الصفراء، وتكون هذه المناطق أقل سمكًا من مناطق الورقة الأخرى نتيجة لاختزال فى أطوال خلايا النسيج العمادى Palisade cells وصغر المسافات البينية . كما لوحظ اختزال شديد فى حجم الخلية فى أنسجة نباتات الشعير المصابة بفيروس Striate mosaic، وفى النموات الخيطية لدرنات البطاطس المصابة بمرض ستلبور .

تأخذ بعض التغيرات شكل تكوين نموات داخلية جديدة، فمثلاً مرض فيجى قصب السكر تظهر فى اللحاء نموات كروية galls نتيجة لنمو شاذ فى خلايا اللحاء وبارنشيمية اللحاء .

أولاً: المظاهر الخارجية للإصابة بالفيروس: External symptoms

تعنى كلمة مظاهر الإصابة Symptoms توضيح التغيرات المرئية الموجودة على النبات نتيجة الإصابة بسبب المرض، ويعبر عنها باصطلاحات قد تبين النتيجة النهائية، مثل: الحافة الصفراء والتبقع فى الورقة، أو تبين العمليات التى تغير من مظهر النبات المصاب مثل عملية الاصفرار والتبقع (Yellowing or edge yellowing), (mottle or mottling) .

ويفضل استعمال الاصطلاح الأول؛ حيث إن الاصطلاح الثانى يستعمل غالبًا للدلالة على المرض وليس على مظهر الإصابة، وحيث إنه لا توجد اصطلاحات تعبر عن العمليات التى تسبب المظاهرغير العادية مثل الموزايك لذلك فإن كلا الاتجاهين قد يستعمل فى التسمية، وقد تكون هناك بعض الاصطلاحات، التى تبين العملية والنتيجة معًا مثل التشوهات malformation **ومن أهم هذه المظاهر ما يلى:**

١ - صغر الحجم: Dwarfing

تؤدى الإصابة بمعظم الفيروسات إلى نقص فى حجم النبات المصاب عن النبات السليم، وعندما يكون هذا النقص واضحًا يطلق عليه اسم التقزم Dwarfing or stunting ويكون التأثير واضحًا إذا ما أصيب النبات فى سن مبكر؛ إذ يكون ظاهرًا على أطراف الأفرع أو فى قمة النبات، كما هو الحال فى مرض تقزم البسلة pea stunt dis .

ودائمًا ما يؤدى النقص فى حجم النبات إلى انتاج ثمار صغيرة الحجم، وقد يصل حجم الثمار فى بعض الحالات نصف الحجم الطبيعى.

وفى بعض الأحوال يحدث صغر فى حجم النبات دون ظهور مظاهر أخرى، غير أن هذا ينعكس على حجم الثمار أو قلة فى المحصول. وحيث إن هناك عوامل أخرى تتدخل فى المحصول كالتغذية.. لذلك فمن الصعب القول بأنها ناتجة عن إصابة فيروسية.

٢ - التغيرات فى اللون: Colour deviations

يعتبر التغير فى اللون مظهراً شائعًا فى النباتات المصابة بالفيروس، ويحدث مثل هذا التغير فى الأوراق والسيقان والأزهار والثمار، وحيث إن الأوراق تشغل الجزء الأكبر من سطح

النبات فإن التغير فى لونها يجذب الانتباه ولذلك درس أكثر تفصيلاً.

ويرجع التغير فى اللون فى الأوراق، وفى أغلب الأحوال إلى عدم الانتظام فى إنتاج الكلوروفيل مثل التأخر أو النقص فى انتاجه، وهذا قد يفسر لماذا تختفى مظاهر الموزايك بعد مرور قليل من الوقت. وقد يحدث تحطيم للكلوروبلاستيدات ينتج عنه انخفاض محتوى الكلوروفيل، ويسبب هذا لونًا اخضر أو أصفر، وتسمى هذه الظاهرة كلوروسيس (Cr. chloros light green) ، وقد تغيب كل الصبغات، وهذا فى أشد حالات الكلوروسيس، وتسمى هذه الظاهرة الإبياض Blanching or Bleaching، وعادة ما تؤدى بعض التغيرات التشريحية مثل الشكل الكروى لخلايا البلاستيدات وكذلك تأخر تكوين المسافات بين الخلايا فى الميزوفيل إلى التأثير على اللون الأخضر فى الورقة.

وعند غياب الكلوروفيل، يظهر تأثير الكاروتين والاكزانثوفيل فى النسيج الملون مسببًا اصفرار هذا النسيج، ويسمى هذا المظهر بالاصفرار yellowing، ويكون هذا واضحًا فى النباتات التى تحتوى طبيعيًا على نسبة عالية من هذه الصبغات.

ويسبب التغير بالزيادة فى صبغة الانثوسيانين اللون الأحمر redding أو اللون القرمزى Purpling لأجزاء النبات المصاب كالأوراق والأزهار وحيث إن لصبغة الانثوسيانين علاقة بالسكريات فإن الاضطراب فى ميتابوليزم السكريات قد يكون السبب، وهذا الاقتراح لأن التلون الاحمر أو القرمزى دائمًا ما يصبحا أمراضًا مثل فيروس التفاف أوراق البطاطس وفيروس اصفرار وتقزم الشعير فى الشوفان، كما أن هذه الأمراض تسببها فيروسات غالبًا ما توجد فى اللحاء ويميزها، أو يصحبها اضطرابات فى تمثيل الكربوهيدرات.

ولوحظ أيضًا إنتاج مواد قاتمة اللون، مواد شبيهة بالميلانينات melaning مسببة اللون البنى Browning فى الأنسجة الميتة (نيكروسيس) أو لون أسود Blacking أما إذا كان النيكروزيس سطحيًا مثل وجوده فى الابيدرمس.. فإن اللون ربما يكون برونزيًا Bronzing. ولا يلاحظ إفراز الميلانينات إذا ما تسبب موت النسيج عن الجفاف السريع، وفى هذه الحالة ربما يأخذ النسيج الميت الجاف لونًا رماديًا فضيًا silvery gray أو مبيضًا. **وسنتناول مظاهر تغير اللون فى الأجزاء المختلفة من النبات المصاب كالآتى:**

أ - تغير اللون فى الأوراق : Colour deviations

يعطى اصطلاح موزايك Mosaic لكثير من مظاهر إصابة الورقة، ويعنى هذا الاصطلاح وجود مناطق خضراء أو صفراء قاتمة أو فاتحة ذات شكل غيرمنتظم، ولها حدود منتظمة واضحة Sharply، كما هو الحال فى البلاط الموزايكى، والتى منها اشتق الاسم.

وأول من اطلق هذا الاصطلاح هو مـاير Mayer عام ١٨٨٦، أطلقه على عَرَض مرض الدخان، ومن هذا التاريخ عرفت مظاهر الموزايك، واستعمل هذا الاصطلاح ولمدة طويلة مرادفًا للأمراض الفيروسية، كما استعمل أيضًا فى ذلك الوقت بدلاً من اصطلاح variega- tionوالمثل الواضح لهذا هو موزايك أبو خنجر، والذى يسمى حاليًا Abutilion infectious variegation، **وتطلق تسميات عديدة على أشكال مختلفة من الموزايك مثل:**

اكيوباموزايك Aucuba mosaic نسبة إلى تلون أوراق النباتات *Aucuba bapwis var. variegatum* ، وكذلك اسم Calico m. نسبة إلى التلون على أوراق نبات Calico أى لون أصفر زاهٍ Brilliant yellow، أو أحيانًا كثيرة ما يكون اللون مبيضًا فى بعض أجزاء الورقة، كماهو الحال فى فيروس كاليكو البطاطس Potato calico وفيروس كاليكو الخوخ Peach calico v.، وربما يوصف الموزايك على أنه شديد أو خفيف (معتدل) Severe or mild أو موزايك مخضر أو مصفر yellow or green mosaic ، وقد تأخذ ظاهرة الموزايك شكلاً خاصًا كما هو الحال فى نباتات الفلقة الواحدة ذات العروق المتوازية، وتكون فيها المناطق الملونة طولية، ويسمى فى هذه الحالة التخطيط Streaking or stripping، وقد يكون الموزايك منحصرًا فى مناطق محدودة مثل موزايك العروق ويسمى Vein mosaic؛ حيث تظهر الأجزاء خفيفة اللون متجمعة بطول العروق الرئيسية، كما هو الحال فى فيروس موزايك العروق فى البرسيم الأحمر red clover vein mosaic، وفى فيروس موزايك التفاح apple mosaic. وربما يطلق على هذه الظاهرة كلوروسيس العروق V. chlorosis أو اصفرار العروق Vein yellowing، ولكن اصطلاح الموزايك يوضح أن المناطق الباهتة غيرمنتظمة وأن التلوين غير الطبيعى موزع بغير نظام حول عروق الورقة، ويستعمل اصطلاح تحزم العروق vein banding فى حالة وجود مناطق قاتمة حول العروق، كما هو فى حالة فيروس تحزم

العروق الراسبرى rasberry vein banding وفيروس موزايك الورد rose mosaic v.

وإذ وجد الموزايك بين العروق الكبيرة يستعمل اصطلاح موزايك بين العروق Intervei-nal mosaic مثل مظاهر الإصابة ببعض سلالات فيروس X البطاطس PVX، **وقد يعطى الموزايك أسماء مختلفة طبقًا لحجمه وشكله مثل:** Speckling , Dotting , Flecking , Spotting.

ويطلق اسم التبقع الحلقى Ring spot، عندما يأخذ التلون شكلاً حلقيًّا، ويميز هذا المظهر مجموعة مهمة من الفيروسات، تظهره على عوائل خاصة، ولهذا تسمى مجموعة فيروسات البقع الحلقية Ring spot viruses وأحيانًا تأخذ المناطق الملونة شكل النجوم فتسمى التبقع النجمى Asteroid spotting. وإذا كانت المناطق الملونة ذات حواف باهتة غير محدودة فتسمى هذه الظاهرة بالتبقع mottling، وهناك خلاف فى المراجع بين استعمال كلمة الموزايك وكلمة التبقع، ولو أنهما يستعملان كمترادفين، فإنه وفى بعض الأحوال يكون تغير اللون الذى يطلق عليه variegation نتيجة لتواجد نظام من اللون الأخضر المصفر الواضح، فيكون إما من خط أو خطوط متجمعة فى حزم، ويسمى هذا Line pattern أو ربما يأخذ شكل ورقة البلوط فيطلق عليه Oak Leaf pattern، وقد يأخذ شكل حلقات rings، ومن أمثلة النظام المخطط إصابة الخوخ والكريز بفيروسات النظام المخطط Line pattern viruses، وقد يظهر أحيانًا لون رصاصى مفضض Silver gray، كما هو الحال فى مرض التخطيط فى النرجس Stripe disease of narcissus، وقد يتغير لون الورقة من لونها الطبيعى إلى اللون الأخضر القاتم كما فى مرض الخوخ المزيف Phony Dis، وقد توجد صفة الاحمرار redding أو اللون القرمزى Purpling، وتتشابه هذه المظاهر إلى حد كبير مع المظاهر التى ترى نتيجة لنقص المعادن mineral defecincies. يمثل اللون البنفسجى مرض ذبول قمة البطاطس Potato purple top wilt Dis، وكذلك يسبب فيروس التقزم الأصفر للشعير Barley yellow dwarf تلونًا أحمر برتقاليًّا واضحًا على الشوفان، ويسمى Oat red leaf.

إن إنتاج مواد غامقة سوداء تشبه الميلانين melanins فى الأنسجة الميتة مؤدية إلى اللون

البنى Browning أو الأسود Blacking يعتبر أمراً طبيعيًّا فى أمراض الفيروس خاصة النيكروزيس. أما اللون البرونزى Bronzing فنادر الوجود، ويتسبب عن النيكروزيس وتزاحم فى خلايا البشرة فوق الميزوفيل الأخضر مع الصلابة turgid، وهذا يوجد فى حالة الإصابة بفيروس الذبول المنقط فى الطماطم .tomato spotted wilt V، ويظهر على هيئة حلقات كنسيج شبكى حول العروق الصغيرة، وقد يغطى مساحة كبيرة من سطح الورقة، وقد يؤدى اللون القرمزى إلى نيكروزيس سطحى etching غير عميق.

ب - تغير اللون فى السيقان : Colour deviation in stems

تعكس السيقان تغيرات غير طبيعية فى المستوى الكلوروفيلى كالتى تحدث فى الأوراق؛ حيث إن السيقان الغضة herbaceous بها محتويات كلوروفيل كالتى بالأوراق. ويرجع معظم التغير فى اللون فى السيقان إلى وجود نيكروزيس خاصة فى الأوعية الناقلة. ولذلك فإن اللون البنى أو الأسود دائمًا ما يوجدان على هيئة خطوط streaks ،كما فى كثير من أمراض التخطيط فى البسلة. وربما تصبح الساق سوداء اللون كلية، كما فى حالة اسوداد جذر الفاصوليا Black root of bean المتسبب عن فيروس موزايك البسلة.

جـ - تغير اللون فى الأزهار : Colour dviation in flowers

عرفت ظاهرة تغير اللون فى الأزهار من قديم الزمان، فوصف انفصال الألوان فى زهرة التيوليب Breaking of the flower colour بأول مرة عام ١٥٧٦م بواسطة كلوسيوس Clusios فى هولندا. وترجع هذه الظاهرة إلى غياب محلى أو تركيز وتجمع محلى للصبغات فى الطبقات السطحية للبتلات؛ إذ إنه فى حالة غياب الصبغات، يظهر العضو باللون الأبيض أو المصفر، ويسمى فى هذه الحالة انكساراً خفيفًا Light breaking، أما فى حالة تركيز وتجميع الصبغات فيسمى انكساراً قاتمًا dark breaking؛ حيث تظهر خطوط صغيرة أو طويلة قاتمة. وقد يوجد المظهران القاتم والفاتح مع بعضهما.

ويوجد انكسار اللون فى زهرة التيوليب المصابة بفيروس التيوليب رقم ١، كما أن الانكسار القاتم يمكن أن تسببه الإصابة بفيروس القرقعة .rattle V فى التيوليب، وربما ترجع أشكال الانكسار الخفيف إلى عوامل وراثية.

ويتسبب انكسار اللون فى زهرة التيوليب عندما تصاب أيضًا بفيروس اصفرار الفاصوليا Bean yellow V. أو فيروس موزايك الخيار CMV وكذلك يلاحظ فى أزهار المنثور Mathiola sp. عند إصابتها بفيروس النقط السوداء فى الكرنب.

ويوجد بجانب مظهر انكسار اللون فى الأزهار مظهر تغير اللون؛ إذ ربما يكون لون الأزهار ضعيفًا أو ثقيلاً أو يتغير كلية. فمثلاً عند إصابة زهرة الكريز انثيمم بسلالة من فيروس موزايك الخيار CMV يتحول لونها الأحمر أو البرونزى إلى البنى أوالأصفر. وربما تتحول أزهار البنفسج الحمراء أو الحمراء الخفيفة أو القرمزية إلى اللون الأبيض المنقط أو أبيض كامل.

وهناك تغير آخر فى اللون وفيه بدلاً من ظهور اللون الأخضر العادى على البتلات، فإنها تكون أكثر أو أقل خضرة، وهذه الحالة تعتبر أول خطوة من مجموعة من المتغيرات يطلق عليها anthalyses.

د - تغير اللون فى الثمار والبذور: Colour deviations in fruits and seeds

ربما يظهر تغير فى لون الثمار والبذور، ويرجع هذا إلى اضطراب فى الصبغات ولهذا المظهر أهمية اقتصادية كبيرة (وقد يجذب التغير فى ثمار الخيار صنف ghesking للتخليل الأنظار) وقد يوجد الموزايك مع تشوه فى الثمار. وربما تسبب بعض الفيروسات مثل فيروس موزايك الدخان، وفيروس ذبول الطماطم المنقط تغير لون ثمار الطماطم، وكذلك فإن البقع البنية على بذور الفول الصويا تتسبب عن الإصابة بفيروس موزايك فول الصويا.

٣ - الذبول والجفاف: Wilting and desiccation

فى أمراض النبات عامة دائمًا ما تظهر النباتات نقصًا فى محتوى الرطوبة، وهذا يؤدى إلى فقد فى حيوية النسيج وذبوله Wilting، وقد يكون فقدًا كاملاً للرطوبة فيجف النسيج أو يحدث له تهالك، Withering، وقد يكون هذا مصحوبًا بانكماش وتساقط النسيج المصاب Withering and desiccation، ولا يكون هناك فرق فى بعض الإصابات بين الجفاف والتهالك، وقد يعود النسيج المصاب للتهالك Withering إلى طبقة، وربما يؤدى الذبول إلى

حالة تهالك Withering لا يعود بعدها النبات إلى طبيعته Irreversible ويعتبر مظهر التهالك Withering مظهراً عادياً للإصابة بالفيروس، ففى البسلة المصابة بفيروس اللون البنى المبكر توجد هذه الحالة فى الوريقات كنتيجة لوجود نيكروزيس العروق والأعناق petiols، أما مظهر الجفاف desiccation فربما يظهر على أجزاء معينة من الورقة، كما فى حالة الفاصوليا المصابة بفيروس نيكروزيس الدخان؛ إذ ربما تظهر الأوراق نيكروزيس للعروق الرفيعة فى مناطق مخصصة من النصل ينتج عنها جفاف desiccation للأنسجة بين هذه العروق، وكذلك يلاحظ الجفاف فى النقط المحلية Local lesions، كما يمثل مرض الوخز ecthing شكلاً خاصاً للجفاف.

ويعرف القليل عن سبب قلة الرطوبة فى النباتات المريضة، وربما ترجع قلة وصول المياه للنسيج إلى وجود نيكروزيس فى الأجزاء الوعائية أو تركيز مواد صبغية فى الأوعية أو فى الخلايا الخشبية الأخرى أو لوجود النموات الزائدة Tyloses فى الخشب، وقد وجد هذا الاحتمال الأخير فى نباتات العنب المصابة بفيروس Pierce's؛ إذ يسبب هذا المرض ذبولاً مفاجئاً للنباتات الصغيرة. ويبدأ الذبول من قمم الأفرع وينتشر إلى أسفل.

٤ - النيكروزيس (موت الأنسجة) : Necrosis

يسمى موت الخلايا أو موت الأنسجة نيكروزيس (Gr. neckrom = to make dead)، وهذا مظهر عام بالنسبة للأمراض الفيروسية، وهو يظهر بسرعة ويكون هناك خط واضح بين الجزء الميت والجزء الحى من النسيج، ويوضح النيكروزيس لوناً قاتماً من المواد الشبيهة بالميلانين. وحيث إن مكان النيكروزيس وشكله مميزان، فإن هذا المظهر له قيمة تشخيصية وربما يؤثر النيكروزيس على الخلايا السطحية Superficial أو ربما يوجد فى طبقات الأنسجة الداخلية وربما يشمل عديداً من الأنسجة أو يلتصق بنوع واحد. ويبدأ النيكروزيس غالباً من مكان دخول الفيروس، ثم يتعدى إلى الخلايا المجاورة مسبباً نقطاً محلية نيكروزيسية.

وغير معروف ميكانيكية هذا النيكروزيس الشديد أى ميكانيكية مثل هذه الحساسية العالية Hepersensitivity التى غالباً ما تؤدى إلى تحديد الإصابة وتمنع انتشارها داخل النبات.

هذه الحساسية يمكن أن تكون ذات أهمية عملية فى إيجاد أصناف مقاومة فى الحقل،

مثل الأصناف المقاومة لموزايك الفاصوليا العادى.

وفى ظروف الرطوبة العالية فإن النيكروزيس يتبعه العفن Rotting نتيجة لنمو الفطريات أو البكتريا، أما فى ظروف الجو الجاف فإن النسيج الميت ربما يجف فلا يصيبه العفن.

أ - نيكروزيس فى الأوراق : Necrosis in leaves

الإصابة النيكروزيسية إما محلية Necrotic spotting or necrotic speckling كما هى الحال فى نباتات *N. glutinosa* أو نباتات الفاصوليا عند إصابتها بفيروس موزايك الدخان TMV، وتكون فى بعض الأحوال الإصابة النيكروزيسية راجعة إلى تأثير عام Systemic، وهذا سببه حركة ومرور جزئيات فيروس معدية إلى مناطق مختلفة. وفى هذه الأحوال فإن النيكروزيس قد يكون سطحيًا ويسمى etching، ففى حالة اللون البرونزى فى الطماطم يكون النيكروزيس فى خلايا الطبقة السطحية epidermis، وعند اتساع عدد كبير من النقط الميتة فإنها تلتحم مسببة موت المنطقة، كما أن النقط الميتة ربما تتسع مسببة مظهر التخطيط Streaking كما فى حالةالبسلة، وربما النيكروزيس ويشمل العروق ويسمى نيكروزيس العروق veinal necrosis.

ب - نيكروزيس السيقان : Stem necrosis

بعد أن يصل النيكروزيس إلى العروق فإنه يستمر خلال الأعناق Petioles إلى الساق وبعد ذلك من الأوعية إلى الأوراق العليا. وغالبًا ما يؤدى هذا النيكروزيس إلى خلل فى نسبة الماء، وبالتالى إلى ذبول وسقوط الأوراق، وهذا واضح فى نباتات البسلة المصابة بفيروس اللون البنى المبكر early browning. ومن المظاهر المميزة لنيكروزيس الأوعية هو الجذر الأسود black root الذى يلاحظ فى بعض أصناف الفاصوليا المصابة بفيروس الموزايك العادى للفاصوليا، وفى هذه الأصناف يسكن الفيروس فى أماكن محدودة مسببًا نيكروزيس، وإذا ارتفعت الحرارة عن ٢٠°م فإن الفيروس يصبح عامًا، ويسبب نيكروزيس الأوعية الناقلة فى كل أجزاء النبات مثل الجذور والسوق والقرون. ويحدث النيكروزيس، نفسه إصابة فى الأوعية، إذا أدخل الفيروس إلى الأوعية بواسطة التطعيم.

وطبيعيًا أن النيكروزيس العام يؤدى إلى موت الأفرع الصغيرة أو القمم النامية للسوق وهذا يحدث فى الفاصوليا عند الإصابة بسلالات خاصة من فيروس موزايك الفاصوليا الأصفر، أو فى بعض أصناف البطاطس بعد الإصابة بفيروس A أ البطاطس. وقد يسمى نيكروزيس القمة هذا acro necrosis .

وتوجد عدة اعتبارات خاصة بأصل ومكان النيكروزيس فى تشريح السيقان، ففى حالة الفيروسات التى تحدد وجودها فى اللحاء، فإن النيكروزيس عادة ما يكون فى اللحاء فقط والمثل الواضح لهذا هو نيكروزيس اللحاء، Phloem necrosis فى نباتات البطاطس المصابة بفيروس التفاف الأوراق، وهو يشمل الخلايا الغربالية والخلايا المرافقة، ويمكن ملاحظة هذا النيكروزيس بالميكروسكوب فقط. فى هذا المرض (نيكروزيس لحاء البطاطس) فإن النيكروزيس (فى بعض الحالات) يمتد إلى الدرنة، ويسبب نيكروزيس شبكيًا مثل net necrosis ومثالان آخران فيوجد نيكروزيس اللحاء فى بنجر السكر المصاب بفيروس تجعد القمة Curly top، والنجيليات المصابة بفيروس التقزم الأصفر للشعير Barley yellow dwarf ولنيكروزيس اللحاء أهمية خاصة فى بعض الأمراض كمرض التدهور السريع فى الموالح Tristeza؛ حيث يوجد مباشرة أسفل منطقة التطعيم فى النارنج Sower orange (أصل النارنج المطعوم بطعم من البرتقال المصاب) ويؤدى هذا النيكروزيس إلى حجز -deple tion النشا فى الجذور، وبالتالى تعفن هذه الجذور، وبالتبعية فإن الجزء من الشجرة خارج التربة يظهر تدهوراً عن جوع مستمر وذبول وتساقط الأوراق. ويسبب انتقال الفيروس خلال اللحاء وجود أشكال كثيرة من النيكروزيس فى اللحاء والحزم الوعائية، بل ويمتد النيكروزيس إلى أنسجة أخرى ففى مرض الجذر الأسود فى الفاصوليا السابق ذكره، فإن النيكروزيس لا يصيب فقط اللحاء، ولكن يصيب الكامبيوم والطبقة الخارجية من الخشب. وفى أمراض التخطيط Streak diseases فى البطاطس، والمتجمعة تحت اسم -acro necro sis، يبدأ ظهور النيكروزيس فى اللحاء، ثم يمتد إلى الأنسجة المجاورة فى جميع الاتجاهات؛ خاصة نحو الخشب، ودائمًا ما ترى بالعين أشكال النيكروزيس الداخلى كتخطيط لونه قاتم على السيقان وعنق الورقة والعروق الأساسية.

كذلك فإن أصل نيكروزيس الساق يكون فى القشرة (للخلايا البارانشيمية Parenchyma) ففى السيقان والورقة وفى العروق الأساسية للفاصوليا French bean المصابة بفيروس موزايك البرسيم الأبيض White clover M.V. فإن خلايا القشرة فى الكمبيوم الأولى Pericambium (وهو النسيج من اللحاء والقشرة Cortex أو بين الخشب) أو فى مجاميع الخلايا البارنشيمية بين الأوعية Intervascular parenchyma ربماتصاب بالنيكروزيس، ويسبق هذا النيكروزيس أو يصحبه ترسب الصمغ، ويظهر التخطيط من الخارج ذا لون رمادى قاتم.

وفى نباتات البطاطس المصابة بفيروس Y، فإن النيكروزيس يوجد فى Collenchema للأعضاء الهوائية، وفى بعض الأحوال يمتد إلى الأنسجة الأخرى من القشرة Cortex وليس للحزم الوعائية، وربما تصاب الخلايا البارنشيمية بين الحزم فى عنق الأوراق، ويرى التخطيط النيكروزيس من الخارج.

وتظهر قشرة سيقان الدخان المصاب بفيروس القرقعة Ratlle لنيكروزيس واضح. وبالإضافة إلى النيكروزيس الداخلى، فإنه يظهر على الساقة نيكروزيس سطحى خارجى ملتصق بالقشرة، مثل المناطق النيكروزيسية على الأوراق وأعناقها. فمثلاً يسبب مرض تبقع ساق البطاطس Stem mottle الذى يسببه فيروس القرقعة Rattle فى الدخان نيكروزيس سطحيًّا يبدأ فى الورقة، ويتقدم إلى القشرة فى العروق والأعناق، ثم السيقان، دون أن يؤثر على الحزم الوعائية.

ويستعمل فى المراجع اصطلاح streak معبراً عن هذه الخطوط النيكروزيسية؛ إذ إن المعنى الحرفى لكلمة التخطيط هى كلمة stripe، ويمكن استعمالها (Stripe = shaped discol-ouration) كما تستعمل (stripe = shaped necrosis) وقد وصف نيكروزيس قلف شجر الدردار elm على أنه فيروس تحت اسم تقرح حلقى elm zonate cancer وفيه تظهر مظاهر الإصابة على القلف على هيئة حلقات متتالية من نسيج ميت وحى فى أنسجة القشرة أو اللحاء، ثم تتسع المساحة المصابة، وربما يمتد النيكروزيس إلى الخشب، كما ربما يسبب النيكروزيس انشقاق القلف.

ودائمًا ماتكون السيقان والأفرع متأثرة ويموت الجزء السطحى منها؛ إذ يؤدى

النيكروزيس المحدد فى السيقان والأفرع إلى موت القلف حتى الخشب، وهنا يستعمل اصطلاح تقرح canker لهذه الحالة، إلا أن اصطلاح نيكروزيس القلف bark necrosis ربما يكون أوضح.

ولا يعرف تعريف محدد لاصطلاح التقرح canker، وربما يؤدى النيكروزيس المحلى خاصة فيما يسمى تقرحات سنوية Perennial cankers إلى إنتاج درنات من الكالوس tumorous callus حول الجرح، ولهذا فالظاهرة لها عدة أوجه، وربما تسمى tumorous canker .

وفى بعض أمراض النباتات فإن التقرحات cankers ربما يطلق عليها انثراكنوز القلف bark anthracnose (Cr. antheax = cool, nosos = disease)، وعموماً فإن الانثراكنوز هو اسم مرض يتميز بأجزاء تشبه القرحات ulcer .

وربما تظهر درنات البطاطس مجموعة من أشكال النيكروزيس، ففى مرض corky ring spot dis البقع الحلقية الفلينية المتسبب عن فيروس له علاقة بفيروس تبقع ساق الدخان (tobacco rattle)، فإن السطح الخارجى المقطوع من الدرنة يظهر نظام نيكروزيس يشبه الحلقة أو القوس (ring = linke or arc)، وهذا شكل من أشكال الحلقات النيكروزيسية. وحيث إن مظاهرالإصابة تكون مصحوبة بتكوين بعض الفلين.. فإن هذا يؤدى إلى استعمال اصطلاح الحلقات الفلينية Corky ring spot للمرض.

وفى مظهر الحلقات الفلينية يمكن التمييز بين الإصابة الأولية والإصابة الثانوية حسب وضعها فى الدرنة؛ فالإصابة الأولية تبدأ من مركز الدرنة متجهة إلى حوافها، بينما تتركز الإصابة الثانوية حول طرف الدرنة heel-end .

وتظهر درنات أصناف البطاطس خاصة المنزرعة فى أمريكا الشمالية نيكروزيس شبكيًا، بعد إصابتها بفيروس التفاف الأوراق، ويظهر على النسيج تحت سطح الدرنة علامات بنية قائمة وأشكال شبكية، والتى تتكون من نيكروزيس الخلايا الغربالية والخلايا المرافقة، وهذا هو نيكروزيس اللحاء، ويسبب عدم انتظام توزيع الحزم الوعائية فى الدرنة يظهر السطح

المقطوع علامات تشبه الشبكة. هذا النيكروزيس واضح للعين المجردة، كما يظهرتبقع الدرنة tuber blotching أو النيكروزيس الشبكى الكاذب pseudo net necrosis الذى غالبًا ما يوجد فى الخلايا البارنشيمية للقشرة والنخاع فى الدرنة، متسببًا عن الإصابة بفيروس أوكيوبا البطاطس aucuba، ويرى النيكروزيس بسهولة كبقع صدئة بنية قاتمة داخل و خارج حلقة الأوعية الناقلة.

وهناك فرق بين نكيروزيس الدرنات المتسبب عن فيروس، وبين المتسبب عن طبيعة فسيولوجية؛ إذ إن الثانى يكون أخف مظهراً ولونًا.

جـ - نيكروزيس الثمار: Necrosis in fruits

ربما يوجد النيكروزيس أيضًا فى الثمار، ودائمًا ما تظهر قرون الفاصوليا المصابة بفيروس نيكروزيس الدخان وقرون البسلة المصابة بفيروس اللون البنى نظامًا حلقيًا نيكروزى. ومثل آخر لنيكروزيس الحلقى هو ما يظهر على ثمار الطماطم المصابة بفيروس الذبول المنقط spotted wilt V.، وفى الكمثرى فإن الثمار المصابة بفيروس الحفر الحجرية stony-pit يوجد فيها نيكروزيس فى القلب بجانب تركيز وتجميع الحفر الحجرية sclerenchyma.

٥ - تكوين الفلين: Cork formation

يعتبر تكوين الفلين ظاهرة عادية فى النباتات، كما يوجد أيضًا فى حالة النباتات المصابة ودائمًا ما يكون ظاهرة ثانوية ناتجة عن الجروح، وعادة ما يوجد تكوين الفلين فى الأمراض الفيروسية، وفى هذه الحالة تتكون خلايا تنقسم مكونة خلايا الفلين. هذا التغير هو تغير تنظيمى. ويتكون الفلين فى طبقات متتالية على الجذور مثلاً أو على المسافات بين الخلايا والمملوءة بالصموغ، أو حول المجاميع الكبيرة من الخلايا الميتة.

وفى مرض القوباء فى الموالح.. فإن وجود الفلين يكون فى طبقات قلف السيقان الخارجية المتمزقة التى تموت، وتكون القشور الجافة، ويسمى هذا المظهر قشور القلف bark scaling باسم سوروسيس psorosis من L: psora - scab.

يوجد أيضاً مظهر لتكوين الفلين على ثمار التفاح المصابة بفيروس Apple rough skin القشرة الخشنة، وتنتج ظاهرة القشر الخشن عن بقع فلينية خشنة على جلد ثمار التفاح. ربما تكون هذه الأجزاء صغيرة ومستديرة، وربما توجد أيضاً فى حلقات أو خطوط طولية، وربما تشمل أجزاءً كبيرة من الجلد. وفى بعض الأحوال تتشقق هذه المناطق الخشنة، وتظهر الثمار بعض التشوهات، وربما تأخذ التشققات شكل النجمة فتسمى التشقق النجمى star cracking .

٦ - التشوهات : Malformation

فى كثير من الأمراض الفيروسية حيث تظهر الخلايا طبيعية، إلا أنه قد تكون الخلايا والأنسجة وحتى الأعضاء فى نموها غير طبيعية، وهذا النمو غير الطبيعى يؤدى إلى تشوهات Malformation أو تغيرات deviations فى بناء وتكوين أجزاء النبات أو ربما النبات بأكمله.

ومجوعة التشوهات مجموعة معاندة، وربما تدخل تحتها التغيرات السيتولوچية غير الطبيعية حيث إن التفرقة بين مجموعة التشوهات ومجاميع الإصابة السابقة غير مقبولة تماماً.

وربما تكون التشوهات أولية أو ثانوية ففى الحالة الأولى (أولية) فإنها تكون المظاهر المرئية التى تتسبب مباشرة من الإصابة، أما التشوهات الثانوية لا تظهر إلى أن يظهر النبات مظاهر معينة مثل النيكروزيس، أو البقع الصفراء التى قد تؤدى إلى تشوه العضو المذكور.. فإن هذه ترجع بطريق غير مباشر إلى الإصابة الفيروسية.

أ - التشوهات الأولية : Primary malformations

تعتبر التشوهات الأولية من بين التغيرات الأولى الناتجة عن الإصابة الفيروسية، وترجع إلى العمل غير المنتظم للهرمونات النباتية (الناتجة عن الانتقال والتوزيع غير المنتظم للهرمونات) أو من نقص أو زيادة فى المستوى الهرمونى. وحيث إن المستوى المطلوب لنمو نموذجى يتغير بتغير الأجزاء النباتية، فإن التغير فى مستوى الهرمون ربما يعرقل صفات النمو. ويمكن تقسيم التشوهات التى تظهر نتيجة لهذه الحالة إلى مجموعتين (وذلك طبقاً لما قام به Kister عام ١٩١١، ١٩٢٥).

المجموعة الأولى: تشوهات فى الأنسجة:

Histoid or histological deviations (histoid = tissue like)

وتتسبب عن تنظيم غير عادى لأنسجة معينة أو لأنسجة داخل أعضاء معينة.

المجموعة الثانية: تشوهات فى الأعضاء:

Organoid or morphological deviations (organoid= organ - like)

وفيها تكون الأنسجة والأعضاء عادية، ولكن تنظيم أو ترتيب الأعضاء أى العلاقة بين الأعضاء غير طبيعية.

وتعتبر صفات Organoid, histoid من أن النواتج غير العادية تكون إهليليًا بالنسبة للأنسجة tissue like أو بالنسبة للعضو Organ like ، ويجب أن يوضع فى الذهن أنه لايوجد خط فاصل واضح بين تغيرات الأنسجة histoid وتغيرات العضو Organoid ، ويستعمل فى مثل هذه الحالات (حالات النمو الشاذة) اصطلاح proliferation (L. Proless = offspring or sprout) (L. Fero = to bear) كما يطلق أيضاً اصطلاح hyperplasia على النمو غير المحدود أو الزيادة غير المحدودة للأنسجة والأعضاء.

ويطلق اصطلاح Histoid enations على النمو الزائد للأنسجة وهى نموات عادية، محدودة الحجم مثل النمو الزائد، الذى يكون ملتصقاً بالعرق الوسطى الرئيسى والعروق الجانبية، وهناك نموات أخرى مميزة هى التى توجد على عروق أوراق الموالح كنتيجة للإصابة بفيروس نموات العروق Citrus vein - enation .

وكذلك الخطوط الطولية أو الانتفاخات على الأوراق مثل التى تنشأ نتيجة للإصابة بفيروس موزايك النرجس narcissus m وفيروس مرض فيجى قصب السكر، وفيروس تقزم الذرة. فالخطوط والانتفاخات التى تظهر على السطح العلوى لورقة النرجس المصابة بالتخطيط ترجع إلى زيادة فى الخطوط Hyperteophy أو فى العدد Hyperplasia بالنسبة للخلايا العادية palisade cells ، ويشبه هذا ما يحدث فى بعض النباتات نتيجة لزيادة الرطوبة. والزوائد التى تظهر على السطح السفلى لأوراق قصب السكر المصاب بمرض فيجى تكون نتيجة لتشوه فى اللحاء أو النسيج الملاصق له، ولذلك فهى تمتد بطول السطح أسفل

العروق، وكذلك الحال فى مرض تقزم الذرة. وليس هناك حد فاصل بين هذه الزوائد بين التدرنات tumours، إلا أن التدرنات أقل حجماً من الزوائد، وناتجة عن شذوذ غير عادى للخلايا والأنسجة. والتدرنات هى نموات شاذة دون أى نظام، ولها أوجه وأشكال عدة، ويختلف أصل وطبيعة التدرنات باختلاف الفيروس المسبب، والنباتات العائل والجزء المصاب من النبات. وعادة ما تكون الانتفاخات الدرنية التى توجد على الأوراق صغيرة الحجم مثل التدرنات التى توجد على السطح السفلى لعروق ورقة البرسيم القرمزى Crimson clover الناجمة عن التدرن الجرحى wound tumour V. ، وتشبه إلى حد ما الزوائد، ولقد درست التدرنات الناتجة عن فيروس التدرن الجرحى للبرسيم الحلو (*Mililotus alba* and *M.officinalis*, Sweet clover) بشكل أوسع، وكذلك التى على جذور السيسل sessel (*Rumex acetosa*) ، وعدد آخر من أنواع النباتات، وقد وجد أنه ربما تصل تدرنات الساق إلى قطر حوالى ١سم، وهذه توجد على النباتات المصابة إصابة عامة، وتنشأ التدرنات فى البريسيكل فى الخلايا الملاصقة للخلايا المجروحة، وتتكون حتى على قاعدة العقد البكتيرية والتدرنات الخشبية على النباتات الصغيرة لليمون المخرفش rough lemon وعلى أشجار الليمون الهندى west indian، التى اكتشفت حديثاً مع وجود فيروس نموات العروق الزائدة. وربما توجد النموات الزائدة Nistoids على الثمار، كما فى مرض الخوخ. wart dis.، وترتفع هذه التدرنات على سطح الثمار، وتشمل نصف أو أكثر من نصف الثمرة وتكون القشرة خشنة الملمس ممتلئة بجيوب صمغية، وفى بعض الحالات يتصلب النسيج المتناثر.

وتنتج كثير من الفيروسات نموات زائدة وتدرنات تشبه الانتفاخات الناتجة عن الكائنات المتطفلة كالحشرات والنيماتودا والبكتريا. ويجب التفرقة بين التدرنات الناتجة عن الفيروسات والانتفاخات الناتجة عن الكائنات الطفيلية، التى تظهر كتدرنات galls، والتى تؤدى إلى دخول اصطلاح galls فى علم الفيرولوجى، ويعتبر لفظ gall غير دقيق تماماً.

وكذلك تظهر انتفاخات على سيقان الكريز صنف نابليون فى ولاية أورجون Oregon بالولايات المتحدة؛ نتيجة للإصابة بفيروس التقرحات السوداء فى الكريز؛ حيث تظهر أولاً مناطق منتفخة، والتى تتشقق فيما بعد وتنمو إلى تقرحات سوداء. ومرض فيروس آخر

Prune diamond canker وهو يشبه السابق حيث إن الانتفاخات فيه أساساً تدرنات، ولابد أن يؤخذ فى الاعتبار أن اصطلاح التقرح Canker ينسب إلى نيكروزيس محدود فى قشرة السيقان الخشبية، حيث يظهر النيكروزيس كمظهر ثانوى، رغم أن نيكروزيس التقرحات يكون أساسياً أوليًا، وبعد وقت يظهر إنتاج الكالوس حول الجرح؛ خاصة فيما يسمى Perennial cankers ، ويطلق فى بعض البلدان اصطلاح التقرحات على التقرح والسرطان معاً Canker and cancer كما هو فى هولندا، ولكن اصطلاح السرطان cancer يستعمل فقط فى علم الطب، ولهذا يقترح أن هذه التغيرات التشبيهة بالسرطان Canker like abnormalities التى تحتوى نيكروزيس تسمى Necrosis tumours ، أما إذا كان تكوين الكالوس ثانوياً فتسمى tumorous cankers .

ربما تنتفخ أفرع سيقان بأكملها معطية مظهر إصابة، يسمى انتفاخ الأفرع Shoot ، والمثل على ذلك هو مرض الفرع المتضخمة swollen shoot فى الكاكاو فى غرب أفريقيا، وقد تظهر السرطانات الناشئة من أسفل الساق انتفاخاً تسبب لها زيادة فى القطر، قد يصل إلى ضعف القطر الأصلى، وهذه ربما تكون فى العقد، أو بين عقد ولكنها دائماً طرفية terminal، وترجع الانتفاخات إلى زيادة فى نسيج الخشب كما يحدث تشوه بسيط لنسيج اللحاء.

تعتبر التغيرات فى شكل الأوراق مظهراً عادياً بالنسبة للأمراض الفيروسية، ورغم أن هذه الحالات تؤثر على سلوك ونمو الأوراق، إلا أنه من الصعب وضعها فى اصطلاحات مورفولوچية، يمكن إرجاع معظمها إلى عدم اتزان فى النمو فى العروق والنسيج بين العروق.

النقص فى نمو نسيج النصل يؤدى إلى ضيق النصل Leaf narrowing ، كما فى حالة مرض الكريز؛ حيث يصحب التشوه بضيق طرف الورقة بشكل ظاهر، أو فى الترمس الأصفر فى حالة مرض موزايك الترمس. مثل آخر هو مرض الورقة الضيقة فى الطماطم المتسبب عن الإصابة بفيروس موزايك الدخان أو موزايك الخيار. وربما تصل وريقات الطماطم المصابة إلى الشكل الريشى fern leaf ، وربما يغيب النصل ولا يبقى إلا العرق الوسطى، وهذه الحالة تسمى shoe stringing وأحياناً يصل إلى الشكل المروحى فى العنب Fan Leaf ، عندما يصبح النقص غائراً وتتجمع عروق الورقة الخامسة بالقرب من القاعدة. وعلى العكس فربما

يحدث تشوه فى الأوراق نتيجة الزيادة فى نمو النسيج بين العروق، ويؤدى هذا إلى سطح مجعد للورقة bubbled surface، كما فى حالة تجعد ورق الدخان، والذى يسمى rugosity وفى حالة وجود خطوط furrowing أو تجعد wrinkling النصل، تستعمل اصطلاحات curling crinkling ، كما فى حالة Sugarbeet leafcurl, turnip crinkle ، ومن الصعب التفرقة بين curling, crinkling رغم أنه curling. احتمال آخر للنموات غير المتوازية هو نقص العنق والعرق الوسطى للورقة، وهذا واضح فى مرض Potato bouguer dis. ، وهذه الحالة تؤدى إلى تزاحم الوريقات وتجعدها حول العرق الوسطى من أسفل.

وهناك ظاهرة شائعة فى الأمراض الفيروسية وهى ظاهرة Epinsaty

(Gr. epi = on, upon : nastos - pressed close)

وهى عبارة عن زيادة فى نمو السطح العلوى للعضو مثل نصل الورقة، وهذا يؤدى إلى تجعد سفلى للورقة كلها، وقد يؤدى إلى تجعد علوى Upward curling وقد يسمى المظهران Leaf rolling.

ومظهر زيادة نمو الأذنات hypertrophy of spitules فى أوراق التفاح المصابة بفيروس مكنسة العجوز، وهذا مظهر مهم فى التشخيص.

وهناك تغير آخر يؤثر على طبيعة نمو النبات، وهو تساقط الأوراق قبل نضجها (Leaf abscision, leaf casting, defoliation). وهذه ظاهرة دائماً ما تقابل فى الأمراض الفيروسية ومثلها مرض اصفرار الكريز، وفيه تبدأ بالأوراق الكبيرة ثم تمتد للأصغر، وربما تتساقط الأوراق قبل ظهور أى كلوروسيس، وربما يصل التساقط إلى ٥٠٪ من الأوراق.

وكذلك فيروس Y البطاطس، وهنا يكون تساقط الأوراق leaf dropping متبوعًا بالذبول أو التدنى withering، ويمكن أن توصف النموات الزائدة فى الأوراق على أنها organoid أى تغير عضوى؛ لأنها تمس التركيب الداخلى للورقة. وهذه النموات غالباً ما تنمو على السطح السفلى، وتصحبها دائماً مناطق صفراء، وهذه النموات تشبه الأوراق فى تركيبها، فلها طبقة سطحية أبيدرمس وخلايا عمادية وأسفنجية وأبيدرمس سفلى.

وقد تكون هذه النموات على شكل فنجان cup - like حول الجزء الأصغر فى حالة إصابة

فيروس موزيك الدخان لنباتات دخان *N. poniculata, N. tomentosa* ، وكذلك فى نباتات البسلة والفول البلدى بعد إصابتها بفيروس النموات الزائدة فى البسلة PEMV ، وقد تختلف أشكال النموات، فتكون على هيئة جناح wing أو فنجان أو مركب boat أو قمع funnel إلى شكل محارة Shell - like، وربما يتسبب التغير المورفولوجى فى الساق عن اختزال فى النموات. وقد تؤدى الإصابة بالفيروس إلى قصر فى السلاميات، كما هو الحال فى أفرع العنب، والتى قد تصل إلى حالة من القصر بحيث تصبح العقدتان متلاصقتين، وتسمى هذه الحالة double nodes ، وفى هذه الحالة تتزاحم الأوراق rosette، كما هو فى حالة تزاحم أوراق الفول السودانى.

تغير آخر مورفولوجى فى الساق وهو النمو المتعرج zigzag ، كما فى حالة العنب المصاب بفيروس الورق المروحى. وهذه تعتبر ظاهرة مميزة، عندما تتساقط الأوراق شتاء. وربما تحدث نموات درنية هوائية aerial tuber عند إصابة نباتات البطاطس بفيروس ستلبور أو فيروس مكنسة العجوز witches, broom ، وهناك تغير مورفولوجى على الثمار، وهو ما يحدث لثمار الداتورا نتيجة للإصابة بفيروس T. etch حيث يقف نمو الأشواك على الثمار.

وتعتبر ظاهرة مكنسة العفريت witches, broom من التغيرات المورفولوجية، وهذه الظاهرة تكون نتيجة لتغيرات فى النمو الخضرى والزهرى. ومن الأمثلة اخضرار البرسيم clover virescene وتضخم برعم الطماطم tomato big bud ستلبور.

وتعتمد مظاهر الإصابة على طور نمو النبات عند الإصابة ولحد ما إلى نوع النبات. وأحياناً ما تؤدى ظاهرة مكنسة العفريت إلى أن تنمو البراعم الزهرية إلى أجزاء خضرية، وتسمى هذه الحالة anthalses.

(Gr. anthos - flower, lysis - desintegration, solution).

وتميز هذه الظاهرة مرض الاخضرار فى الطماطم، وهو مرادف لمرض تضخم البرعم. وعندما تتحول الأجزاء الزهرية إلى نموات خضرية فى المراحل الأخيرة من anthalyses ، تسمى هذه الظاهرة Phyllody (Gr. Phyllon = leaf)؛ أى تورق الأزهار.

أما اصطلاح proliferation فيعبر عن نموات خضرية من زوايا البراعم الزهرية، وتؤدى

كل أمراض فيروس مكنسة العجوز التى درست إلى نموات مكنسة العجوز، كما تؤدى إلى ظهور درنات صغيرة، وقد تكون هوائية كما فى البطاطس.

ب - التشوهات الثانوية: Secondary malformation

وهى تشوهات ترجع إلى سبب آخر، والتى تتسبب أساساً عن الإصابة الفيروسية الكاملة، وهذه قد تؤثر على الشكل الخارجى للنباتات المصابة، دون التمييز بين أن تكون عضوية أو نسيجية.

ودائماً ما تكون الأوراق الملونة أقل حيوية، كما أن الأوراق التى بها موزايك ربما يؤدى هذا المظهر إلى تغيرات داخلية تسبب أشكالاً، لا يمكن وصفها مورفولوجياً مثل تأثير فيروس موزايك الدخان على أوراق الدخان، أو فيروس موزايك الفاصوليا على الفاصوليا الفرنساوى French bean ؛ حيث توجد المناطق القاتمة على جانبى العرق الوسطى وتنتشر بسرعة.

ويوجد مثل آخر لانتشار هذا الموزايك مثل موزايك الخيار، وما يؤديه من تجعدات rugosity, crinkling, curling نتيجة لنقص فى سرعة النمو لنسيج العروق.

هذا التغير يختلف شكلاً عن التغير الأول فى شدته وعدم انتظامه.

العوامل التى تؤثر على أعراض أمراض الإصابة الفيروسية:

من العوامل المهمة التى تحدد دراسة أمراض النباتات الفيروسية، هو تدخل الظروف البيئية فى شكل الأعراض التى يعطيها النبات المصاب بتلك الأمراض، فعند وصف أعراض أحد الأمراض الفيروسية يجب تحديد الظروف البيئية التى ينمو فيها العائل؛ حيث إن تلك الظروف تغير من تفاعل النبات لوجود الفيروس فى خلاياه، وبالتالى الأعراض التى تظهر على العائل. وعلى العموم لا يمكن وضع أسس عامة للاختلافات التى تحدث فى الأعراض من جراء اختلاف العوامل البيئية، إلا أن معظم أعراض الأمراض الفيروسية تأخذ وقتاً أقل فى الظهور بزيادة درجة الحرارة والضوء.

١ - تأثير الحرارة والضوء على الأعراض:

من المعروف أن معظم الفيروسات التى تسبب عرض تبرقش الأوراق، يكون تأثيرها

واضحًا جداً خلال شهور الشتاء، وبمعنى آخر أن عرض التبرقش يكون واضحاً فى خلال الشتاء عنه فى خلال الصيف، وقد وجد أن عامل الحرارة هو المحدد؛ لذلك فنجد أعراض التبرقش التى تنشأ عن إصابة نباتات الدخان بفيروس التبرقش تقل حدتها تدريجيًّا بارتفاع درجة الحرارة، إلى أن تختفى تقريباً عندما ينمو النبات المصاب على درجة حرارة ٣٥م، وإذا وضع النبات على الظروف العادية ثانية.. فإن الأعراض تظهر ثانية بوضوح. أما إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى ٣٧م لمدة ١٠ أيام.. فإننا نحصل على سلالة من فيروس تبرقش الدخان تعطى تبرقشاً خفيفاً جداً، حتى ولو وضعت النباتات ثانية تحت درجة حرارة منخفضة. كذلك وجد أن تلك الأعراض تختفى عندما ينمو النبات تحت درجة حرارة أقل من ٧م.

كذلك وجد أن أعراض التبرقش التى يحدثها فيروس تبرقش البطاطس (فيروس X) تختفى تماماً عندما تزيد درجة الحرارة عن ٢٤م.

ومن الأعراض التى تتأثر بارتفاع الحرارة هو عرض النقط الميتة Local lesions ، فنجد أن النقط الميتة التى يسببها فيروس تبرقش الدخان على أوراق نباتات *N. glutinosa* تكبر فى المساحة، وتنتشر بسرعة على سطح الورقة، بدلاً من أن تكون محددة، كلما ازدادت الحرارة إلى أن تصل إلى درجة ٣٥م؛ حيث إنه بتلقيح النباتات بالفيروس ووضعها تحت تلك الدرجة أو أعلى منها فإن الأعراض التى تظهر على الأوراق الملقحة تكون عبارة عن مساحات صفراء Blotches ، ويتبع ذلك انتقال الفيروس إلى جميع أنسجة النبات، بدلاً من أن يكون محدوداً فى النقط الميتة.

وبالعكس نجد أن الفيروسات التى تسبب تجمع الكربوهيدرات فى أوراق النباتات التى تصاب بها، تكون أعراضها فى الغالب أشد جداً خلال شهور الصيف عنها خلال شهور الشتاء، وهذا يرجع إلى شدة الضوء التى تتعرض له النباتات، فنجد أن فيروس التفاف أوراق البطاطس Potato leaf roll virus يسبب التفافاً شديداً فى أوراق النباتات المصابة خلال شهور الصيف، ولكن لا تظهر تلك الأعراض بوضوح خلال شهور الشتاء، وبالمثل فيروس إصفرار بنجر السكر Sugar beet yellows virus ، وفيروس انحناء قمة بنجر السكر Sugar beet curly top virus .

ولقد وجد أن سرعة تكوين النقط الميتة التى يحدثها فيروس تبرقش الدخان على أوراق نباتات *N. glutinosa* عندما تكون النباتات نامية تحت درجة حرارة ١٥م تكون حوالى ٥٠٪ من سرعة تكوينها، عندما تكون النباتات نامية على درجة حرارة ٢٠م.

ولقد ذكرنا من قبل أن حلقات Ringspots التى تسببها بعض الفيروسات تظهر خلال الشتاء، ولكنها تختفى، وتحل محلها أعراض تبرقش خلال الصيف. فنجد أن فيروس الحلقات الذى يصيب الدخان Tobacco ringspot virus يحدث نقطًا ميتة على جميع أجزاء النباتات المصابة إذا وضعت النباتات فى الظلام، مما ينتج عنه موت النباتات، أما إذا وضعت النباتات فى مكان مظلل فإننا نجد أن حلقات كثيرة تتكون داخل بعضها على الأوراق، ويفصل بينها أنسجة خضراء حية. أما إذا وضعت النباتات تحت الظروف الطبيعية فإن الحلقات التى تظهر على الأوراق، تكون كبيرة الحجم وقليلة العدد.

٢ - ظروف النباتات وقت حدوث الإصابة:

تزداد أعراض الأمراض الفيروسية وضوحاً كلما كانت ظروف نمو النباتات مناسبة وعادة ما تزيد مقاومة النبات للإصابة بزيادة عمر النبات، وإذا ما حدثت العدوى فإن الزيادة فى مستوى الآزوت يؤثر فى مظاهر الإصابة، فتكون أكثر وضوحاً كما هو الحال فى مرض تقزم وإصفرار البصل ومرض موزايك الطماطم. ووجد أن الزيادة فى سرعة النمو للنباتات المصابة غالباً ما تقلل من حدة مظاهر الإصابة الخارجية. كما وجد أن زيادة بعض العناصر عادة ما يقلل من شدة الإصابة، وغالبًا ما يساعد على تخفى مظاهر الإصابة (Mask) فمثلاً تقل حدة مظاهر إصابة الدخان بالموزايك فى حالة زيادة التسميد بالفوسفور وبالبوتاسيوم.

٣ - تأثير الضوء على حساسية النبات للعدوى بالفيروس:

وجد أن تقليل الضوء قد يزيد حساسية النبات للعدوى ببعض الفيروسات، فنجد أن عدد النقط المميتة التى تظهر على أوراق نباتات *N. glutinosa* التى عرضت للظلام لمدة يتراوح ما بين ٢٤ - ٧٢ ساعة قبل التلقيح بفيروس موزايك الدخان، تكون أكثر بكثير من عدد النقط الميتة التى تظهر على أوراق تلك النباتات، إذا لم تعرض للظلام قبل التلقيح.

٤ - تأثير الحرارة على الفيروس فى الأنسجة:

عند تعرض بعض النباتات المصابة بأمراض فيروسية لدرجات حرارة مرتفعة.. فإن أعراض تلك الأمراض تختفى بسبب موت الفيروس داخل الأنسجة، فنجد أن نباتات الخوخ المصابة بفيروس الاصفرار Yellows والتورد Rosette تصبح خالية من تلك الفيروسات، إذا نمت على درجة حرارة ٣٥°م.

٥ - الأصناف:

قد تختلف الأعراض التى يسببها فيروس ما اختلافاً شاسعاً باختلاف الأصناف، فنجد مثلاً الاعراض التى تظهر على شتلات الليمون البلدى المصابة بفيروس التدهور السريع Tristeza virus، هى عبارة عن اصفرار متقطع فى عروق الورقة، وظهور تنقرات Pits فى خشب الشتلات. ومثل تلك الأعراض لا تظهر على الأصناف الأخرى من الليمون.

٦ - سلالات الفيروس:

كذلك تختلف أعراض الفيروس الواحد باختلاف سلالاته، فنجد أن فيروس تبرقش الدخان له عدة سلالات، كل سلالة منها تسبب أعراضاً مختلفة تماماً عن أعراض السلالة الأخرى، فبعضها يعطى تبرقشاً أصفر، والآخر تبرقشًا خفيفًا وثالثاً يعطى أعراضًا محددة حول العروق Vein banding وهكذا. وإذا لقح نبات الدخان بإحدى تلك السلالات أولاً، ثم لقح النبات ثانية بسلالة أخرى.. فإن الأعراض التى تظهر هى أعراض السلالة الأولى؛ حيث إنها تمنع السلالة الثانية من التكاثر فى النبات، وهذه الظاهرة تعرف بالوقاية بالتضاد Cross Protection.

٧ - وجود فيروس آخر فى العائل:

إذا وجدت سلالة من الفيروس نفسه داخل النبات.. فإنه عادة ما تحصل حماية له من الإصابة بأى سلالة أخرى للفيروس نفسه، أما إذا وجد فيروس من نوع آخر داخل النبات فربما تحصل مظاهر إصابة إضافية أكثر شدة من المظاهر الناتجة من فيروس واحد، كما هو الحال عند إصابة الطماطم بفيروس موزايك الدخان، وفيروس X البطاطس (Synergism).