



# فيروسات النبات

PLANT VIRUSES

- الاستاذ الدكتور<sup>١</sup> / مظهر العيسوي الشريف
- رئيس قسم الميكروبيولوجي
- دكتوراه الميكروبيولوجي والبيوتكنولوجيا – جامعة كيل<sup>٢</sup> ألمانيا



اعدت بانة من الشيطان المرجيم

الأستاذ الدكتور مظهر لسوقي العيسوي

## مقدمة ونبذة تاريخية

فيروسات النبات Plant viruses هي فيروسات تؤثر على النباتات Plant viruses are viruses that affect plants. وكغيرها من كل الفيروسات، هي متطفلات خلوية داخلية، لا تحتوي على نظام لاستنساخ مكوناتها بدون العائل، ويمكن لها أن تسبب المرض للنبات العائل. توجد تلك الفيروسات النباتية منتشرة على سطح الكرة الأرضية؛ فهي موجودة أينما وجدت النباتات.

Viruses of plants are found across the earth wherever plants grow. وهي عالية التنوع Highly diverse ولها درجة عالية من التشابه مع فيروسات الحيوان. وتتنوع الفيروسات التي تصيب

Ancient Egyptian with Polio. Note the withered leg.



شلل الأطفال Polio منذ حوالي 2000 سنة ق م  
رسم على جدران المعابد الفرعونية

النباتات الوعائية حيث يوجد في نحو 1300 نوع فيروسي. إلا أن فيروسات النبات لم تصل إلى نفس الدرجة من الوضوح التي وصلت إليها فيروسات الحيوان Animal viruses



تبرقش ازهار التبوليب نتيجة للاصابة  
الفيروسية (تأثير ايجابي)

Tulip infected with Tulip breaking virus

عُرفت الفيروسات كمسببات  
للأمراض النباتية منذ أكثر  
من 400 سنة، كما لوحظ  
التبرقش المرغوب في زهرة  
التبوليب الراجع الى الاصابة  
الفيروسية منذ مئات السنين.

Breaking of petal  
color, the result of

anthocyanin pigment loss, revealing the underling  
coloration due to plastid pigments.

عشر تقريباً (1765م) ظهر مرض فيروسي وبشكل وبائي epidemic  
disease على محصول البطاطس ما رادى الى تدهور كبير في  
المحصول وكانت الأعراض عبارة عن التقاف وتجعد الاوراق، لكن لم  
يُعرف في حينها ما هو المسبب المرضي. وتم تفسير المرض على انه  
راجع الى مسببات بيئية طبيعية: كتدهور التربة نتيجة لزراعة البطاطس  
سنوات متتالية على نفس الأرض.

## مواصفات فيروسات النبات

### Description of plant viruses

- 1- ماهي الفيروسات what are viruses
- 2- ماهي أهمية الفيروسات Why are viruses important
- 3- كيف تتم العدوى بالفيروسات How are viruses transmitted
- 4- كيف يمكن تصنيف الفيروسات How are viruses classified

## ماهي الفيروسات

### What are viruses

الفيروسات هي جزيئات معدية تحت ميكروسكوبية submicroscopic infectious particles تتكون من وحدات معدية يطلق عليها فيروسون virion والتي تتكون من غطاء بروتيني وحمض نووي والذي يعبر عنه بعدد 2 بروتين أو أكثر.

عمليات نسخ وترجمة Transcription and translation جينات الفيروسات تتم فقط داخل خلايا العائل host cell وباستخدام وتسخير التفاعلات الأيضية البيوكيميائية لذلك العائل. فالفيروسات ليس لديها مخزون من الطاقة ولا التفاعلات الأيضية التي يمكن أن يقوم بها

بمعزل عن خلايا العائل. ولذلك يطلق على الفيروسات "اجبارية التطفل" Obligate parasites وغالباً ما تسبب أمراض.

أغلب الفيروسات تكون متخصصة على عائل معين restricted to a particular type of hosts وبعضها يكون واسع المدى wide host range يصيب عديد من العوائل. بعضها يصيب الكائنات بدائية - النواة (البكتريا) ويطلق عليها بكتريوفاج Bacteriophage وبعضها يصيب الطحالب infect algae والبعض يصيب الفطريات fungi ويطلق عليها mycoviruses وبعضها يصيب النباتات الوعائية vascular plants

## ما هي اهمية الفيروسات

Why are viruses important

الفيروسات تسبب أمراضاً ذات أهمية بالغة على المستوى الدولي. فيما يخص فيروسات الانسان نجد الجدري smallpox، والانفلونزا influenza ، والايذز AIDS وبعض مسببات الالتهاب السحائي وفيروس زيكا وشلل الاطفال والايبولا. **وفيرس كورونا Corona virus (covid 19)** الذي أربع العالم واجبر نحو ربع عدد سكان

الأرض على المكوث في منازلهم، وعطل الدراسة والسياحة والاقتصاد والقى بغيامه القاتمة على كافة نواحي الحياة غير مفرق في ذلك بين غني وفقير ولا كبير وصغير. وكانت جائحة هذا الفيروس من اكثر فصول الأمراض الوبائية في العصر الحديث. وكل الأمراض الفيروسية التي لا يمكن مقاومتها من خلال استخدام المضادات الحيوية. وتتطلب مقاومتها استخدام الفاكسينات Vaccines. أو من خلال تقوية المناعة وتجنب مصادر الإصابة.

**الفيروسات تسبب أيضاً العديد من أمراض النبات** مسببة خسائر اقتصادية فادحة في كل من الكم والجودة الخاصة بالمحاصيل الزراعية وغالباً ما تظهر الأمراض الفيروسية على النبات شكل بعض الاعراض مثل اصفرار الاوراق والتبرقش (الموزايك) – تشوه الاوراق leaf distortion (النفاف curling) – التقزم والنيكروزيس ... الخ.

في بعض الحالات يتخصص الفيروس على اجزاء محددة من النبات (كالنظام الوعائي Vascular system . أو انها تسبب موت موضعي على الأوراق Spot on the leaf ، ولكنه في حالات اخرى يسبب اصابة جهازية Systemic infection ، العدوى لا تظهر دائماً كأعراض ظاهرية Does not always result in visible symptoms

الأمراض الفيروسية Viral diseases في الانسان والحيوان  
عُرفت كذلك منذ القدم؛ فقد نُقش على جدران المعابد الفرعونية ما يوثق  
الاصابات الفيروسية بمرض شلل الاطفال Pilio منذ آلاف السنين. وكان  
تفسر تلك الأمراض ولفترة طويلة انها بسبب الارواح الشريرة أو انها انتقام



مرض الجدري

خطورتها المختلفة،

من السماء... الخ.  
من الأمراض الفيروسية  
الخطيرة التي تصيب الانسان  
(بالاضافة الى شلل الاطفال):

الانفلونزا بانواعها ودرجات  
والجدري smallpox،



شكل (٢٢): فيروس ايولا Ebola virus الممرض للانسان

والامراض الفيروسية التي  
تفشيت حديثاً مثل نقص  
المناعة المكتسبة المعروف  
بـ "الايدز" Acquired

Immunodeficiency  
Syndrom (AIDS)

والمسبب عن الفيروس Human Immunodeficiency Virus (HIV)  
، وكذلك فيروس زيكا Zika ، وفيروسات الالتهاب السحائي، والايبولا،  
وغيرها.



ثم بدأ اكتشاف الطفيليات كعامل يسبب الأمراض. وقد أفاد لويس باستير (Louis Pasteur 1822-1895) وروبرت كوخ (Robert Koch 1843-1910) وغيرهما من العلماء - في إلقاء الضوء على المسببات المرضية ودورها في أحداث الأمراض المعدية. وقد بات من المؤكد أن الأمراض المعدية والوبائية ترجع الى مسببات خاصة من عالم الميكروبات.

وكان للعالم الروسي ديمتري ايفانوفسكي (Dimitri Iwanowski 1864-1920) دوراً هاماً في تحديد المسببات المرضية نتيجة لاكتشافه الفيروس. وقبل عمل ايفانوفيسكي، تجمعت بعض المعلومات عن حالات مرضية في الانسان والحيوان والنبات، ولكن لم يتم تحديد ولا تمييز تلك المسببات المرضية لهذه الحالات بالشكل الكامل.

في العام 1898 قام عالم النبات **بيجرينك W. Beijerinck** باجراء تجارب على مرض تبرقش الدخان Tobacco Mosaic واثبت ان مسبب هذا المرض يمكنه المرور من خلال المرشحات التي تحجز ادق المكونات؛ ما جعله يعتقد ان السبب في هذا المرض عبارة عن "**مكون حيوي معدي**"

**Contagium vivum fluidum** على اعتبار انا المسبب المرضي صغير جداً. واطلق على المسبب بداية من هذا التاريخ اسم "فيروس" Virus اي "سُم". كما اطلق على الامراض الوبائية التي لم يكتشف لها مسببات مرضية اسم "امراض فيروسية"

مرض تبرقش الدخان  
الفيروسيمرض تبرقش الطماطم  
الفيروسي

وفي 1892 بدأ ايفانوفيسكي عمله على مرض تبرقش (موزايك) الدخان وهو المرض الذي انتشر في مزارع الدخان في بعض مناطق الاتحاد

السوفيتي السابق ونتجة لهذا المرض حدثت خسائر اقتصادية فادحة لزراعة كل من الدخان والطماطم. وفي العام 1902 نشر ايفانوفيسكي اطروحته لنيل الدكتوراه وكانت عن مرض التبرقش المذكور والتي اثبت من خلالها أن "عصير اوراق نباتات الدخان المصابة يحتوي على مسبب معد صغير الحجم جداً لدرجة انه يمر من خلال مرشحات البكتريا" واطلق عليه **Filtrable agent**. ومنذ ذلك التاريخ توالى الاكتشافات لمسببات امراض فيروسية كثيرة في كل من النبات والحيوان.

وفي سنة 1909 اكتشف العالم الامريكي **Howard T. Ricketts** ميكروبات تمثل مكانة وسطية بين البكتريا والفيروسات وهي **الرايكتسيا Rickettsiae** نسبة الى اسم هذا العالم. فهي كائنات حية دقيقة بدائية النواة تشبه الفيروسات في انها اجبارية التطفل وتتشابه مع البكتريا مع الصفات الأخرى. وهي سالبة لجرام وتظهر على شكل عصوي/كروي **Coccobacilli** او متعدد الاشكال **pleomorphic organism** ولا تكون أسواط وتتأثر بالمضادات الحيوية خاصة الكلورامفينيكول **Chloramphenicol** والتتراسيكلينات

Tetracyclines كما انها تظهر تحت الميكروسكوب الضوئي العادي. تتسبب الرايكتسيا في العديد من الأمراض للانسان مثل التيفود الوبائي Epidemic typhus المتسبب عن *Rickettsia prowazekii* (مظهر دسوقي، 2019)\*



*Mycoplasma*

\* المصدر: مظهر دسوقي (2019) – الميكروبيولوجي بين العلم والتطبيق – مكتبة اوزوريس – القاهرة – مصر. وفي عام 1915 اكتشف العالم الانجليزي Twort والعالم الفرنسي

ديريهل 1917 D' herelle فيروس يصيب البكتريا وسمي بكتريوفاج (أكل البكتريا أو لاقمات البكتريا) Bacteriophage or phage for short

وكان ولا زال مصطلح "امراض فيروسية" يطلق على كل الأمراض التي لم تكن مسبباتها معروفة (عصمت خالد، وآخرون – 2000)، ولكن أمكن من خلال التقدم العلمي التقني الكشف عن مسببات بعض الأمراض والتي وجد انها ليست فيروسات. فقد ظهر ان مسببات بعض هذه الأمراض عبارة عن رايكتسيا ومنها أمراض اصفرار الجزر وتورد القمة في بنجر السكر.

اما **الميكوبلازما** (البعض يصنفها على انها بكتريا وهي بدون جدار خلوي – يمكنها المرور من خلال المرشحات البكتيرية – أصغر الكائنات الحية

التي يمكنها ان تعيش مستقلة عن الكائنات الأخرى) فهي تسبب العديد من الأمراض للانسان كمرض الترييض الرئوي Walking pneumonia وللنبات مثل مرض اصفرار اوراق الموالح. وعلى الجانب الآخر تتعرض الميكوبلازما ذاتها للاصابة بالبكتريوفاج mycoplasma phages. وقد عرفت الميكوبلازما كمسببات لبعض امراض الانسان والحيوان منذ نهاية القرن التاسع عشر، الا أن اهميتها كمسببات لأمراض النبات لم تعرف الا عام 1976 حيث لاحظ Doi et al 1967 ان مرض اصفرار الاستر Aster yellows يتسبب عن ميكروب يشبه الميكوبلازما وليس عن فيروس كما كان يعتقد قبل ذلك.

وفي العام 1967 اكتشف T. Diener مسبباً آخراً للامراض وهو أصغر حجماً من الفيروس اطلق عليه سنة 1971 اسم "فيروس" Viriod وهو أصغر الجزيئات التي تسبب أمراضاً للنبات Plant pathogens. وهو عبارة عن شريط مفرد من ssRNA ذو وزن جزيئي منخفض تحتوي عادة على نحو 246 الى 399 نيوكليوتيدة وجزئ الـ RNA لا يحتوي على جينات للبروتينات protein-encoding gene والفيروسات حساسة للفينول بخلاف الفيروسات. ومن الأمراض التي يسببها "مرض الدرنة المغزلية في البطاطس" Spindle tuber disease

وبذلك اصبحت مسببات الأمراض النباتية ليس فقط الفطر والطحالب والبكتيريا، ولكن اضيف لها الرايكتسيا والميكوبلازما والفيروس والفيروسويد.

## الأهمية الاقتصادية:

تسبب الفيروسات أمراضاً نباتية ذات أهمية اقتصادية بالغة على المستوى الدولي والمحلي للعديد من الحاصلات الإقتصادية والتي ينتج عنها خسائر كبيرة في المحصول مما يؤثر على مجمل الاقتصاد القومي لتلك الدول الزراعية. **فقدت الخسائر الاقتصادية السنوية الناتجة عن الفيروسات النباتية بنحو 60 مليار دولار.**

فمثلاً سببت أمراض البطاطس الفيروسية تدهوراً كبيراً في المحصول في قارة أوروبا في العام 1775 مما دفع الكثير من مزارعيه الى الإحجام عن زراعة البطاطس في تلك الفترة. كما اصاب فيروس التدهور السريع مزارع الموالح في كثير من مناطق زراعتها وتسبب في موت نحو 7 ملايين شجرة في ولاية "سان باولو" بالبرازيل في مدة 12 سنة وهذا العدد من الأشجار يمثل نحو 75% من العدد الكلي لأشجار الولاية.

ومن ناحية الاقتصاد الزراعي المصري، نجد ان مصر تستورد سنوياً ما قيمته ملايين الدولارات من تقاوي البطاطس بسبب الأمراض الفيروسية المنتشرة محلياً والتي تمنع من استخدام التقاوي المحلية. كما يقل النتائج المحصولي من العروة النيلية للبطاطس الى مقدار النصف مقارنة بالعروة الصيفية بسبب تلك الامراض الفيروسية.

هذا طبعاً بالإضافة الى ما تسببه الفيروسات من امراض تقلل من محصول الخضروات عامة والطمطم بصفة خاصة. كما تتسبب الفيروسات في خسائر كبيرة في محاصيل الفاكهة مثل الموالح والموز، بالإضافة الى نباتات الزينة كالقرنفل والأبصال والمحاصيل الحقلية كالقصب والذرة والقمح. ومن جهة أخرى، تشير الدراسات ان اصابة العائل النباتي بفيروسين في وقت واحد يؤدي الى ضرر متفوق الجمع بينهما؛ فمثلاً عند اصابة فول الصويا بسلالات مختلفة من فيروس تبرقش الصويا فانه يؤدي الى نقص المحصول بنسبة تتراوح ما بين 8 – 25%، أما اذا اصبحت النباتات في الوقت نفسه بفيروس تبقع قرون الفاصوليا فان النقص هنا يرتفع الى نحو 80%.

## ماهي الفيروسات؟ What are viruses?

الفيروسات هي جزيئات معدية تحت ميكروسكوبية submicroscopic infectious particles لايمكن رؤيتها الا بالميكروسكوب الالكتروني لذلك ارتبط اكتشافها باختراع الميكروسكوب الالكتروني. وهي كائنات اجبارية التطفل لا يمكن تنميتها على البيئات المعملية الصناعية. وهي تمثل حلقة الوصل بين الكائنات الحية والجماد؛ حيث تشابه الكائنات الحية في احتوائها على مادة وراثية قابلة للنسخ والتعبير

داخل خلايا العائل، كما انها تشبه الجماد خارج الخلايا او النسيج الذي تصيبه، فالفيروسات خارج الكائن الحي عبارة عن مادة كيميائية أو بوبر معدوم النشاط مع احتفاظه بالقدرة على احداث العدوى.

يتكون الفيروس من مادة وراثية محاطة بغلاف بروتيني ويطلق عليه في هذه الحالة "الوحدة المعدية أو الفيرون Viron" الفيروس يفتقر الى النظام الخلوي acellular microorganisms فلا يوجد به بروتوبلازم ولا تخزين للطاقة ونادراً ما يحتوي على انزيمات ويعتمد في كل ذلك على خلايا العائل host cells. تستطيع الفيروسات المرور من خلال المرشحات البكتيرية (الصغرها). غالباً ما يمثل حجم الفيروس واحد على 1000 من الخلية التي يصيبها. للفيروسات القدرة على اصابة كل من الكائنات حقيقية (كالنباتات والحيوانات والفطريات .. وغيرها) أو بدائية النواة (كالبكتريا). **الفيروسات تصيب الكائنات الحية الأخرى لهدف واحد فقط وهو "التضاعف Replication"** فالفيروسات الموجودة في الهواء أو الماء مثلاً لا يمكنها التضاعف؛ ذلك لحاجتها الى نظام ايضي تفتقر اليه وهو موجود فقط في داخل الخلايا. ولذلك تظل وهي خارج النظام الخلوي كامنة وتفقد كل مظاهر الحياة وتستطيع التبلور.

## الفيروسات لا يمكن اعتبارها حقيقية ولا بدائية النواة.

ويمكن القول ان الفيروسات هي مواد كيميائية عندما تكون داخل انبوبة اختبار، ولكنها تتحول الى كائنات حية داخل

### عوائلها

يعتقد علماء الفيروسات وجود نحو 400 الف فيروس مختلف في الطبيعة تم توصيف نحو 5 الاف فقط

يمكن حصر الاختلافات الرئيسية بين الفيروسات والكائنات الحية الاخرى فى النقاط  
الثلاث التالية:

1- الفيروسات غير خلوية، لا تحتوي على جدار خلوي ولا غشاء بلازمي ولا سيتوبلازم ولا عضيات خلوية.

2- تحتوي الفيروسات على أي من الاحماض النووية DNA or RNA لكن لا تحتوي على كليهما لذات الفيروس. (هناك استثناءات محدودة للغاية)

3- لا يمكنها التكاثر بشكل مستقل عن العائل.



اغلب الفيروسات تكون متخصصة على عائل معين restricted to  
a particular type of hosts

بعض الفيروسات تصيب الطحالب infect algae ويطلق عليها  
Algal Viruses (راجع ايمان مختار – 2018) ومنها ما يصيب  
الفطريات Fungi ويطلق عليها mycoviruses ومنها ما يصيب  
النباتات الوعائية Vascular plants ... الخ.

ويتميز الفيروس بالتخصص كما سبق القول ولكل ما يعرف بالمدى  
العوائلي host range فبعض الفيروسات لها مدى عوائلي واسع  
يمكن له مثلاً ان يصيب اكثر من نوع نباتي، ومنها المتخصص على  
نوع او صنف او سلالة بعينها، كما يتخصص البعض في اصابة  
نسيج او خلايا بعينها داخل النبات او الحيوان الواحد.

### الجوانب الايجابية للفيروسات:

للفيروسات العديد من الجوانب الايجابية التي يصعب حصرها في  
هذا المقال منها مثلاً:

- استخدامها في وسائل المقاومة الحيوية للآفات المرضية والحشرية  
التي تصيب المحاصيل الاقتصادية.

- استخدامها في مقاومة الأمراض المعدية البكتيرية للإنسان والتي تنتقل عن طريق الأغذية الطازجة. وقد صرحت الهيئة الأمريكية للعقاقير وسلامة الاغذية

U S food and drug administration (FDA) باستخدام فيرس البكتريا تحت اشتراطات السلامة الصحية under the safety and health concerns كإضافة لأغذية الإنسان الطازجة لتقليل مخاطر البكتريا المعدية وكان ذلك لأول مرة في العام 2006 (مظهر دسوقي، 2019)

- استخدام بعض جينات الفاج المعتدل temperate phage مثل جين *Integrase gene* في عمليات العلاج بالجينات حيث يساهم هذا الجين في عميات اختراق الجين الجديد السليم الى داخل الكروموسوم او ما يعرف بعملية الانتجريشان *Integration process*

- بعض الإصابات الفيروسية للنبات تكسبها قيمة تسويقية أعلى خاصة في الشكل الجمالي لبعض نباتات الزينة مثل زهرة التبوليب المزركنشة الرائعة.

- بعض الفيروسات لها فوائد عند دخولها للخلية البكتيرية، حيث تزيد الفاجات المعتدلة الخلية الليسوجينية فتصبح مقاومة للإصابة بالفاجات من نفس النوع وتزيد من قدرة تأقلمها وإنتاجيتها كما هو الحال في

حالة بكتريا *Streptococcus thermophiles* J34 عند اصابتها  
بالفاج المعتدل TP-J34

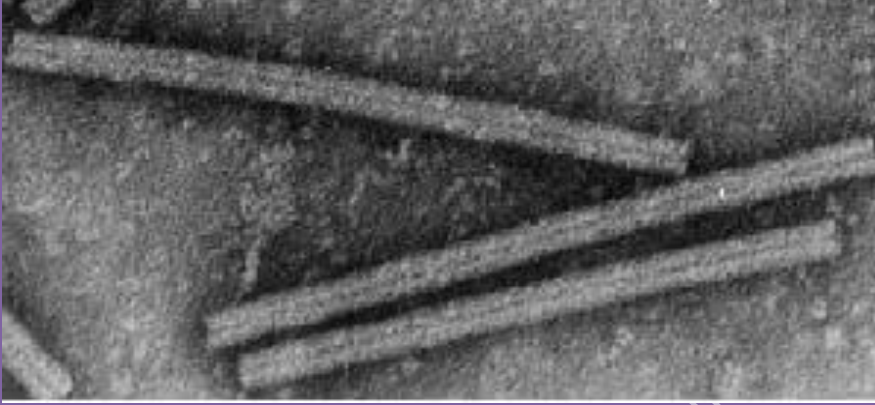
الأستاذ الدكتور مظهر العيسوي الشريف

الأستاذ الدكتور مظهر العيسوي الشريف

تركيب وأشكال الفيروسات النباتية

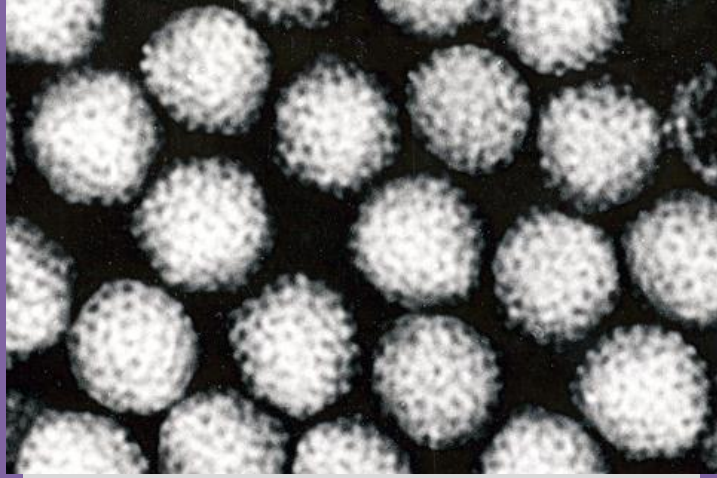
**Structure and shapes of plant viruses**

يتركب الفيروس من وحدات معدية يطلق عليها فيروسون



**Rod-shaped:** about 20-25 nm in diameter and from about 100 to 300 nm long. These appear rigid and often have a clear central canal (depending on the staining method used). Some viruses have two or more different lengths of particle and these contain different genome components. The example here shows Tobacco mosaic virus, genus Tobamovirus with particles 300 nm long.

Viron تلك الوحدة تتكون من حمض نووي محاط بغلاف بروتيني. نتيجة لكون الفيروس صغير جداً، فقد تم رؤيته اول مرة من خلال الميكروسكوب الالكتروني الذي صممه مارتن عام 1934 Marton 1934 واخذت اول صورة لتبرقش الدخان في العام 1939.



Icosahedral (roughly spherical)

ووجد من خلال الميكروسكوب الالكتروني ان الفيرون viron النباتي يمكن تصنيفه من حيث الشكل الى ثلاث مجاميع وهي:

### 1- مجموعة الفيروسات كروية الشكل Spherical viruses

هذه المجموعة تشمل فيروسات كروية الشكل صغيرة متلاصقة. ومن امثلتها فيروس موزيك الخيار (CMV) وفيروس النقرم الشجيري في الطماطم (TBSV) وفيروس نيكروزيس الدخان (TNV).



*Tobacco mosaic virus (TMV)* was first described in tobacco in which it induces a mosaic pattern in the leaves

## 2- مجموعة الفيروسات عسوية الشكل Rod shaped viruses

وهي جزيئات مستقيمة عسوية مثل فيروس تبرقش (موزايك) الدخان

(TMV) وكذلك جزيئات الفيروس X البطاطس PVX

أكثر من 50% من فيروسات النبات المعروفة هي على الشكل

العصوي (الصلب أو المرن) Over 50% of known plant

viruses are rod-shaped (flexuous or rigid)

## 3- مجموعة الفيروسات خيطية الشكل Filment viruses

وهي عبارة عن خيوط طويلة مرنة ملتوية، وقد تكون شبكة تختلف في درجة

نسجها حسب طول الفيروس ومرونته. ومن أمثلتها: فيروس Y البطاطس PVY

وفيروس موزايك الخيار رقم 2 (CMV<sub>2</sub>) وفيروس موزايك الخس LMV



**Filamentous:** usually about 12 nm in diameter and more flexuous than the rod-shaped particles. They can be up to 1000 nm long, or even longer in some instances. Some viruses have two or more different lengths of particle and these contain different genome components. The example here shows Potato virus Y, genus **Potyvirus** with particles 740 nm long.

وهناك تقسيم اخر لاشكال الفيروسات بصفة عامة الى قسمين:

1- فيروسات متماثلة Isometric viruses

وهي اما مستديرة spherical أو عديدة الواجه polyhederal

2- فيروسات غير متماثلة Anisometric viruses

وهي عصوية طولها عدة اضعاف عرضها، ومنها:

أ- فيروسات عصوية مستديرة الطرفين

Bacillus-like bodies



ب – فيروسات مستقيمة صلبة Rigid rods

ج – فيروسات خيطية مرنة Flexible threads

الأستاذ الدكتور مظهر العيسوي الشريف