

# VIROLÓGIA

## TANTÁRGYI SEGÉDLET

Írta:  
Horváth József  
intézetigazgató egyetemi tanár  
az MTA lev. tagja

Pannon Agrártudományi Egyetem  
Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely  
Növényvédelmi Intézet

Keszthely, 1998.

## Tartalomjegyzék

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Előszó.....                                                                        | 4  |
| 1. A növénybetegségeket előidéző tényezők és kórokozók.....                        | 5  |
| 2. A növénypatogén vírusokkal kapcsolatos ismeretek rövid kronológiai története... | 10 |
| 3. A vírusok általános jelentősége.....                                            | 13 |
| 4. A vírusok morfológiája és ultrastruktúrája.....                                 | 13 |
| 5. Növény-vírus kapcsolatok: Tünettan (szimptomatológia).....                      | 15 |
| 5.1. Kompatibilis kapcsolat.....                                                   | 16 |
| 5.2. Inkompatibilis kapcsolat.....                                                 | 16 |
| 5.3. Tünetek (szimptómák).....                                                     | 16 |
| 5.3.1. Külső tünetek (makroszimptómák).....                                        | 16 |
| 5.3.2. Belső tünetek (mikroszimptómák).....                                        | 18 |
| 6. A növények szerepe a vírusdifferenciálásban és a vírusok fenntartásában .....   | 18 |
| 7. A vírusok átvitele, terjedése.....                                              | 20 |
| 7.1. Vektor nélküli átvitel.....                                                   | 20 |
| 7.1.1. Vírusátvitel oltással.....                                                  | 20 |
| 7.1.2. Vírusátvitel mechanikailag.....                                             | 21 |
| 7.1.3. Vírusátvitel vegetatív szaporítószervekkel.....                             | 21 |
| 7.1.4. Vírusátvitel maggal.....                                                    | 21 |
| 7.1.5. Vírusátvitel pollennel.....                                                 | 21 |
| 7.1.6. Vírusátvitel gyökérrel.....                                                 | 22 |
| 7.1.7. Vírusátvitel alacsonyabb rendű gombákkal.....                               | 22 |
| 7.1.8. Vírusátvitel <i>Cuscuta</i> -fajokkal.....                                  | 22 |
| 7.1.9. Vírusátvitel vízzel.....                                                    | 22 |
| 7.2. Állatvektorokkal történő átvitel.....                                         | 23 |
| 7.2.1. Levéltetvek.....                                                            | 24 |
| 7.2.2. Kabócák.....                                                                | 25 |
| 7.2.3. Fonálférgek.....                                                            | 26 |
| 7.2.4. Tripszek.....                                                               | 27 |
| 7.2.5. Liszteskék.....                                                             | 28 |
| 7.3. Nem perzisztens vírusok.....                                                  | 29 |
| 7.4. Perzisztens vírusok.....                                                      | 30 |
| 7.5. Szemiperzisztens vírusok.....                                                 | 30 |
| 8. A vírusok izolálása és tisztítása.....                                          | 31 |
| 9. A vírusok replikációja.....                                                     | 31 |

|       |                                    |    |
|-------|------------------------------------|----|
| 10.   | A vírusok diagnosztikája.....      | 32 |
| 11.   | A vírusok elleni védekezés.....    | 36 |
| 11.1. | Hagyományos módszerek.....         | 36 |
| 11.2. | Biotechnológiai módszerek.....     | 38 |
| 12.   | A vírusok eredete.....             | 39 |
| 13.   | A vírusok rendszertana.....        | 40 |
| 14.   | A növényvírusok osztályozása.....  | 44 |
| 15.   | A növények vírusbetegségei.....    | 51 |
| 15.1. | Szántóföldi növények.....          | 51 |
| 15.2. | Kertészeti és zöldségnövények..... | 56 |
| 7.3.  | Szőlő.....                         | 57 |
| 7.4.  | Gyümölcsfák.....                   | 60 |
| 7.5.  | Dísznövények.....                  | 60 |
| 7.6.  | Erdei fák.....                     | 62 |
|       | Ajánlott irodalom.....             | 64 |

## Előszó

A mezőgazdasági, a kertészeti és erdészeti kultúrákban az utóbbi két évtizedben igen jelentős mennyiségi és minőségi veszteségeket idéztek elő a különböző viroid-, vírus- és fitoplazma fertőzések. Epidémia-szerű kártétel jelentkezett a gabonafélékben, az üvegházakban és a fólia alatt termesztett zöldségnövényekben, a burgonya- és a cukorrépa-kultúrákban, valamint az erdei fás- és lágyszárú növényekben is. Különösen súlyos kártételek alakultak ki gabonafélékben az árpa sárga törpülés vírus, burgonyában a burgonya Y-vírus és a burgonya levélsodródás vírus, cukorrépában a répa nekrotikus sárgaerűség vírus, paradicsomban és paprikában a paradicsom bronzfoltosság vírus és a sztolbur fitoplazma, valamint erdei növények esetében az uborka mozaik vírus, a cseresznye levélsodródás vírus, a lucerna mozaik vírus, az arabis mozaik vírus, a dohány rattle vírus, a cseresznye nekrotikus gyűrűsfoltosság vírus, és a különböző fitoplazma fertőzések következtében. Nevezett kórokozókkal szemben – amelyek részben levéltetvekkel (*Myzus persicae*), kabócákkal (*Hyalestes* spp., *Euscelis* spp.), fonálférgekkel (*Trichodorus* spp., *Xiphinema* spp.), tripszekkel (*Frankliniella occidentalis*, *Thrips tabaci*) és fehérlegyekkel (*Bemisia* spp., *Trialeturodes* spp.) részben talajban élő alacsonyabb rendű gombákkal (*Polymyxa betae*) terjednek – az ismert kémiai növényvédő szerekkel nem, vagy alig lehet védekezni. A növényvédelmi szakemberek számára azért feltétlenül szükséges, hogy az információk jelentős megnövekedése miatt megismerjék a viroidok, a vírusok és a fitoplazmák alapvető tulajdonságait, az általuk előidézett tüneteket és a védekezés lehetséges módszereit.

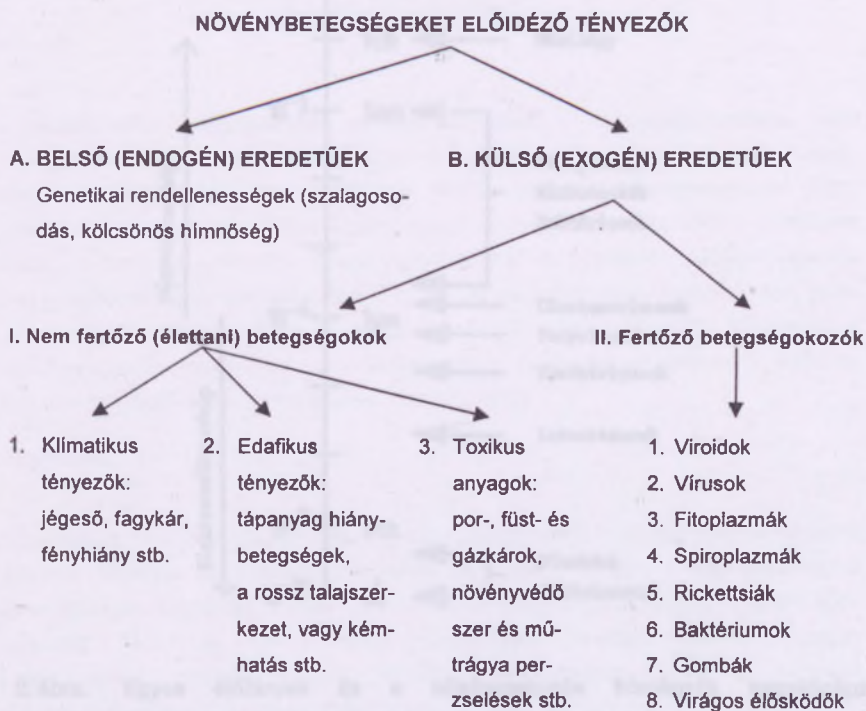
Jelen „Oktatási segédlet” azt a célt szolgálja, hogy a növényvédő szakmérnökök posztgraduális képzése során kapott ismeretanyagot röviden összefoglalja és segítse a megadott irodalmi forrásmunkák mellett az ismeretek elsajátítását.

Keszthely, 1998. november 30.

Horváth József  
intézetigazgató egyetemi tanár  
az MTA lev. tagja

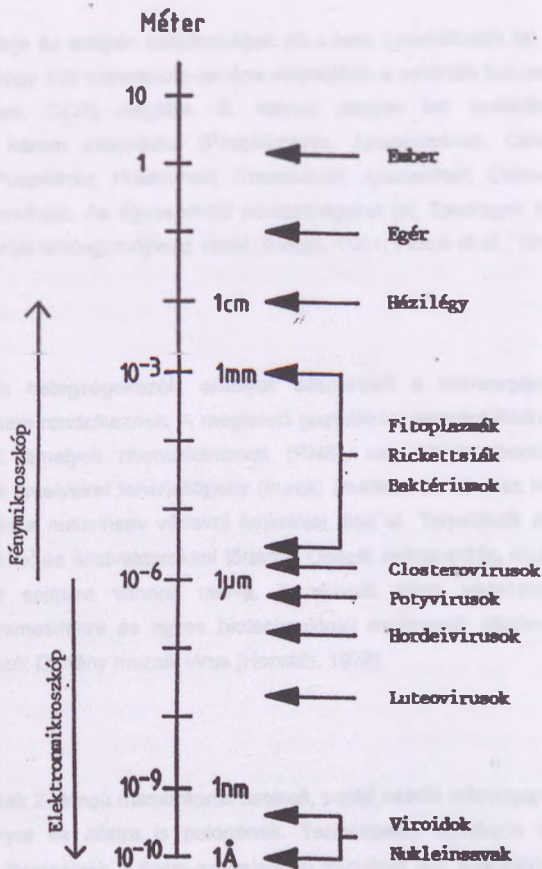
# 1. A NÖVÉNYBETEGSÉGEKET ELŐIDÉZŐ TÉNYEZŐK ÉS KÓROKOZÓK

A növények betegségeit számos belső (endogén) és külső (exogén) tényező idézi elő (1. ábra).



1. ábra. A növénybetegségeket előidéző tényezők csoportosítása.

A belső tényezőkön (genetikai rendellenességek, szalagosodás, hímnőség stb.) kívül a külső eredetű tényezők két csoportba sorolhatók: (1) nem fertőző, ún. élettani betegségek és (2) fertőző betegségek. A fertőző betegségeket alapvetően viroidok, vírusok, fitoplazmák, spiroplazmák, rickettsiák, baktériumok és gombák idézik elő. Tekintettel arra, hogy a különböző szubmikroszkopikus kórokozókval kapcsolatban még mindig sok félreértés van, ezért alapvetően fontos, hogy a vírusokat és a különböző szubmikroszkopikus kórokozók alapvető nagyságának összehasonlítását (2. ábra) és jellemző tulajdonságait megismerjük.



2. ábra. Egyes élőlények és a növénypatogén kórokozók nagyságának összehasonlítása (viszonylagos méretek) [Meyer-Kahnitz, 1993 után].

### Viroidok

Egyszálú, gyűrű alakú, fehérjeköpeny nélküli szubvirális ribonukleinsav (RNS) tartalmú kórokozók. Részben kettősfonaliúak, amelyek csavart struktúrát mutatnak, 240-380 nukleotidából állnak. Bioszintézisük során – mivel RNS-ük nem kódol funkcióképes fehérjét – a gazdanövény sejtmagjában lévő RNS-polimeráz enzimet használják fel. Struktúrájuk, funkcionális tulajdonságaik, és eredetük alapján különböznek a vírusoktól, ezért osztályozásuknál azok az alapvető tulajdonságok, amelyek a vírusoknál lényegesek

(morfológia, fehérje és antigén tulajdonságok stb.) nem használhatók fel. A jelenleg ismert 27 viroid és mintegy 100 szekvencia-variáns alapvetően a centrális konzervált régió (central conserved region, CCR) megléte, ill. hiánya alapján két családba (Pospiviroidae, Avsunviroidae), három alcsaládba (Pospiviroidae, Apscaviroidae, Coleviroidae) és hét nemzetségbe (*Pospiviroid*, *Hostuviroid*, *Cocadviroid*, *Apscaviroid*, *Coleviroid*, *Avsunviroid*, *Pelamoviroid*) sorolható. Az egyes viroid nemzetségeket ún. típusok jellemzik. Jellemző kórokozó: Burgonya orsógumójúság viroid [Balázs, 1981; Flores et al., 1998].

## Vírusok

A vírusok olyan betegségkórokozók, amelyek ellentétben a mikroorganizmusokkal, saját anyagcserével nem rendelkeznek. A megfelelő gazdában reprodukálódnak és elterjednek. Makromolekulák, amelyek ribonukleinsavat (RNS), vagy dezoxiribonukleinsavat (DNS) tartalmaznak, és amelyeket fehérjeköpeny (burok) (nukleoproteid) vesz körül. A nukleinsav fertőző, a fehérje a nukleinsav védelmi funkcióját látja el. Terjedésük általában vegetatív szaporítószervekkel és állatvektorokkal történik. Obligát sejtparaziták, multiplikációjuk során a gazdanövény sejtjeire vannak utalva. A vírusok elleni védekezés alapvetően a rezisztenciára nemesítésre és egyes biotechnológiai módszerek alkalmazására terjed ki. Jellemző kórokozó: Dohány mozaik vírus [Horváth, 1972].

## Fitoplazmák

Prokariotikus, csak 2-rétegű membránnal határolt, sejtfal nélküli mikroorganizmusok, amelyek emberre, növényre és állatra is patogének. Természetes táptalajon tenyészthetők. A növénypatogén fitoplazmák a floem-szövetekben fordulnak elő, kabócákkal (*Euscelis* spp.) terjednek, RNS-t és DNS-t együtt tartalmaznak. Gazdanövényeiken általában virágelzöldülést, virágelleveledést, törpülést, boszorkányseprűsödést és sárgulást okoznak. Tetraciklinekkel szemben érzékenyek. Az egyes fitoplazmák közötti rokonság DNS-hibridizációval, PCR-technikával (polimeráz láncreakció), RFLP-analízissel (DNS feldarabolás restrikciós endonukleázokkal), és szerológiai összehasonlító módszerrel állapítható meg. A jelenleg ismert 75 fitoplazma 20 nagyobb filogenetikai csoportba és alcsoportba tartozik. Jellemző kórokozó: Őszirozsa sárgaság fitoplazma [Horváth, 1970, 1972, 1974; Seemüller et al., 1998].

## Spiroplazmák

Sejtmentes táptalajon tenyészthetők, növekedésükhöz szterolokat igényelnek. Speciális elemi szálakból álló, sejtfal nélküli instabil kórokozók, amelyeket membrán (10 Å) határol.

Riboszómát és nukleinsavat tartalmaznak. Kabócákkal (*Dalbalus* spp.) terjednek. Penicillinekkel szemben rezisztensek, de a tetraciklinekre érzékenyek. Jellemző kórokozó: Kukorica satnyaság spiroplazma [Horváth, 1973].

#### Rickettsiák

Gram-negatív, pálcika alakú, vagy pleomorf prokariotikus mikroorganizmusok, baktériumokra jellemző sejtfallal. Intracelluláris megkettőződéssel szaporodnak. Xylemben és a floemben is előfordulnak. Sejtfaluk helyett membrán határolja őket. Kabócákkal és levélpoloskákkal (*Piesma quadratum*) terjednek. Jellemző kórokozó: Here bunkóslevelűség rickettsia [Horváth, 1975].

#### Baktériumok

Prokariotikus, egy- vagy többsejtű, általában 0,5-2  $\mu\text{m}$  közötti, mikroszkopikus szervezetek, amelyek sejtmentes táptalajon tenyészthetők. Pálcika alakúak, egy, vagy több csilló segítségével mozognak, vagy mozdulatlanok. Spórát nem képeznek. Általában gazdaspecifikusak. Rendszerezésük patogenitási, fénymikroszkópos, biokémiai és molekuláris bakteriológiai (polipeptid-, DNS-, RNS-módszerek) vizsgálatok alapján lehetséges. Jelentősebb, ill. ismertebb nemzetségek (*Xanthomonas*, *Erwinia*, *Pseudomonas*) egyszerű, szerves vagy szintetikus, és szervesetlen nitrogénforrást tartalmazó táptalajon tenyészthetők, de ehhez sok esetben vitaminokra (biotin, tiamin) és aminosavakra (L-metionin) is szükség van. Jellemző kórokozó: *Erwinia carotovora* [Klement et al., 1990].

#### Gombák

Sejtmaggal rendelkező, klorofill nélküli, fotoszintézisre képtelen szerves anyagokkal táplálkozó, spórákkal szaporodó heterotróf kórokozók. Szaporodásuk lehet vegetatív vagy reprodukzív. Sejtfaluk anyaga általában a kitin. Szaporítóképleteik, vagy hifáik érintkeznek a növényekkel. A konídiumok csíratömlőt fejlesztve sztómákon keresztül, vagy enzimatikus úton, toxinok kiválasztása útján hatolnak a növény szövetekbe. Jellemző kórokozó: *Fusarium graminearum*. [Ubrizsy és Vörös, 1968].

A fertőző betegségeket előidéző kórokozók felfedezésére és tulajdonságaiknak megismerésére a XIX. század második felében került sor. (3. ábra).



3. ábra. A növények fertőző betegségeit előidéző kórokozók felfedezése (Időrendi áttekintés) [Horváth és Gáboriányi, 1990 után].

## 2. A NÖVÉNYPATOGÉN VÍRUSOKKAL KAPCSOLATOS ISMERETEK RÖVID KRONOLÓGIAI TÖRTÉNETE

1886. A. Mayer (1843-1942)

Dohány mozaik betegség kórokozója növényi nedvvel átvihető (fertőző betegség).

A beteg növény szövetnedve toleráns a magas hőmérséklettel (90 °C) szemben.

1892. D. Ivanovszkij (1864-19920)

Zárványtestek felfedezése.

Szűrhetőség megállapítása.

1898. A. Beijerinck (1851-1931)

„Contagium vivum fluidum”.

Agar-agaron keresztül történő diffúzió.

1901. N. Takami

Kabócákkal (*Nephottettix* spp.) történő terjedés (átvitel).

1916. S. P. Doolittle

Levéltetvekkal történő átvitel.

1926. J. P. McKinney

Mutáció felfedezése.

1929. F. O. Holmes

Lokális gazdák (*Nicotiana glutinosa*), víruskoncentráció megállapítása.

1929. J. P. McKinney

Keresztvédetség (cross protection) felfedezése.

1935. W. M. Stanley

Dohány mozaik vírus kristályosíthatósága. Orvosi Nobel-díj.

1936. L. O. Kunkel  
Hőterápia felfedezése.
1937. F. C. Bawden és N. W. Pirie  
Dohány mozaik vírus 95% fehérje mellett 5% nukleinsavat tartalmaz. Nukleoproteid jelleg megállapítása.
1938. G. A. Kausche, E. Pfankuch és H. Ruska  
Első elektronmikroszkópos felvétel elkészítése a dohány mozaik vírusról.
1939. M. A. Watson és F. M. Roberts  
Perzisztencia és a nem perzisztencia fogalmának bevezetése a vektorológiába.
1940. C. W. Bennett  
A vírusok *Cuscuta*-fajokkal átvihetők.
1952. G. Morel és C. Martin  
Vírusmentesítés merisztémakultúrákkal.
1953. J. D. Watson és F. H. C. Crick  
DNS molekula modeljének konstruálása. „A kettős spirál”.
1955. K. Maramorosch  
Propagatív vírusok felfedezése.
1955. R. J. Best és H. P. C. Gallus  
Rekombináció felfedezése.
1956. A. Gierer és G. Schramm  
Ribonukleinsav (RNS) fertőzőképessége és a fehérje védelmi funkciója.
1958. W. B. Hewitt  
Fonálférgek szerepének megállapítása a vírusok átvitelében.

1958. R. G. Grogan  
Gombavektorok (*Olpidium* sp.) szerepe a vírusátvitelben.
1959. J. Brandes és C. Wetter  
Morfológiai és szerológiai tulajdonságok közötti kapcsolat. Osztályozás, víruscsoportok.
1960. B. Kassanis és H. L. Nixon  
Satellitvírusok kimutatása és a satellit jelenség értelmezése.
1964. J. Brandes  
Vírusok osztályozása (morfológia, szerológia).
1966. H. G. Pereira  
Vírusrendszertan alapelveinek kidolgozása.
1967. Y. Doi, M. Teranaka, K. Yora és H. Asuyama  
Mikoplazmák (=fitoplazmák) felfedezése.
1967. T. O. Diener  
Viroidok felfedezése.
1968. R. J. Shepherd, G. E. Bruening és R. J. Wakeman  
Első DNS-tartalmú növényvírus (karfiol mozaik vírus) felfedezése.
1973. R. E. Davis és J. F. Worley  
Spiroplazmák felfedezése a növényekben.
1973. J. Giannotti, C. Vago, G. Marchoux, G. Devauchelle és J. L. Duthoit  
Rickettsiák felfedezése a növényekben.
1976. M. F. Clark, A. N. Adams és D. J. Barbara  
ELISA szerológiai módszer kidolgozása.

1988. R. N. Nelson

Transzgenikus paradicsomnövény előállítása.

1988-1998: A növényvíriológiát az utóbbi 10 évben a molekuláris irányzatok jellemzik.

### 3. A VÍRUSOK ÁLTALÁNOS JELENTŐSÉGE

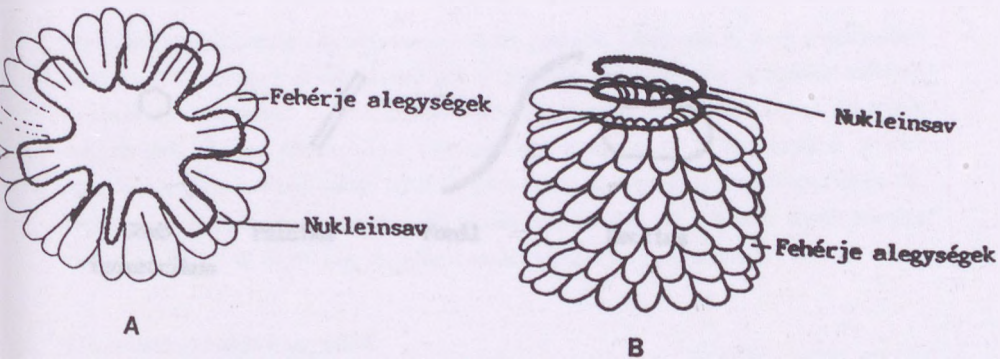
A vírusok az élővilág olyan parazitái, amelyek növényekben, emberekben, állatokban, rovarokban és különböző mikroorganizmusokban többnyire súlyos megbetegedéseket idéznek elő. A vírusbetegségek (himlő, veszettség, sárgaláz, sertéspestis, Eupatorium sárgalevelűség, tulipán szintörés) hosszú idők óta ismertek, bár etiológiai kutatásuk és fertőzőképességük bizonyítása csak a XIX. század végén kezdődött el. Jelenlegi ismereteink szerint a vírusok a Földön mindenütt előfordulnak. Csupán Európában mintegy ezer növényi vírusbetegség ismert; a szilva himlő vírus a volt Jugoszlávia területén mintegy 16 millió szilvafát betegített meg és pusztított el. Az ember- és állatpatogén influenzavírusok (A és B típus) 8-10 évenként igen jelentős epidémiákat, néha pandémiákat okoznak. Az Amerikai Egyesült Államokban 1968/1969-ben 28 ezer ember halálos megbetegedését okozta a influenzavírus „Hongkong” típusa.

### 4. A VÍRUSOK MORFOLÓGIÁJA ÉS ULTRASTRUKTÚRÁJA

#### Vírusalkotórészek

A vírusok a genetikai információt hordozó egyszálú vagy kétszálú, lineáris vagy cirkuláris ribonukleinsavból (RNS), vagy dezoxiribonukleinsavból (DNS) és a nukleinsav védelmi

funkcióját ellátó fehérjeburokból (kapszid) állnak (4. ábra). A nukleinsav és a kapszid együttesen alkotja a nukleokapszidot. Az ilyen összetételű vírusokat burok nélküli vírusoknak nevezzük (pl. dohány mozaik vírus). A vírusok egy másik részénél a nukleokapszidot még egy külső glükoproteid burok (peplon) veszi körül (pl. paradicsom bronzfoltosság vírus). A vírusfehérjék mennyisége 55-95% között van. A fehérjék egy része felelős a gazdanövény és a virion közötti kapcsolatért és vírusspecifikus antigén-funkciója van.



4. ábra. Izometrikus (A) és pálcika alakú (B) vírus fehérje alegységek és a nukleinsav  
[Meyer-Kahsnitz, 1993 után].

#### A vírusok morfológiája

A vírusok morfológiailag négy csoportba sorolhatók: gömb alakúak, többnyire izometrikusak (17 nm – 85 nm); pálcika alakúak (300 nm-ig); fonál alakúak (2000 nm-ig) és bacillus alakúak (160-380 nm x 50-95 nm) (5. ábra). Egyes vírusok ikerpartikulumokkal rendelkeznek (geminivirusok). Az egyes morfológiai csoportokba az alábbi vírusok tartoznak:

#### Gömb alakú (izometrikus) vírusok

Dohány gyűrűsfoltosság vírus, uborka mozaik vírus.

Pálcika alakú vírusok

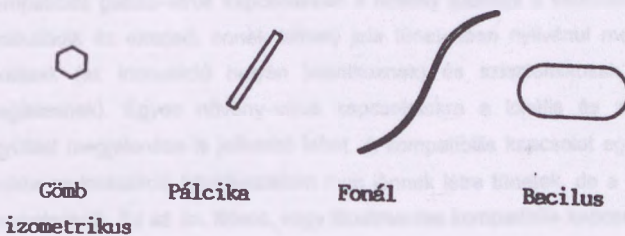
Dohány mozaik vírus, dohány rattle vírus.

Fonál alakú vírusok

Burgonya Y-vírus, Szőlő A-vírus.

Bacilus alakú vírusok

Lucerna mozaik vírus, Burgonya sárga törpülés vírus.



5. ábra. A vírusok alapvető részecske-struktúrája [Meyer-Kahnitz, 1993 után].

## 5. NÖVÉNY-VÍRUS KAPCSOLATOK: TÜNETTAN (SZIMPTOMATOLÓGIA)

A vírussal fertőzött gazdaszervezetben morfológiai, citológiai, fiziológiai stb. elváltozások figyelhetők meg, amelyek tünetekben nyilvánulnak meg. A növényvírusok a fertőzött sejtek plazmodezmáin keresztül hatolva fertőzik meg a szomszédos sejteket (4-80  $\mu\text{m}/\text{óra}$  terjedési sebesség), majd a szállítószövetekben, a floemben és a xylemben 0,1-1,8  $\text{cm}/\text{óra}$  sebességgel képesek terjedni. A hiperszenzitíven reagáló növényi szövetekben a vírusok

terjedése a nekrotizálódó sejtek miatt megáll. A tünetek a fertőzést követő néhány nap múlva megjelenhetnek. Ismereteseek ún. „lassú” vírusok is (fás szárú növények vírusai), amelyek 1-2 év alatt manifesztálódnak. A növény-vírus kapcsolatot számos tényező befolyásolja: a gazdanövény fogékonysága, a vírus patogenitása, virulenciája, a növény fejlettségi állapota, a levélemeletek szekvenciája (plazmodezmák száma), a növények fotoperiódusa, a hőmérséklet, a fény stb. A növények és a vírusok közötti kapcsolatok alapvetően két részre oszthatók: (1) kompatibilis és (2) inkompatibilis kapcsolatokra. A növény-vírus kapcsolat egy különleges esete a túlérzékenység, ill. a hyperszenzitivitás.

### 5.1. Kompatibilis kapcsolat

Kompatibilis gazda-vírus kapcsolatban a növény gazdája a vírusnak. A vírus a növényben replikálódik és elterjed; ennek látható jele tünetekben nyilvánul meg. A tünetek lehetnek lokálisak (az inokuláció helyén jelentkeznek) és szisztemikusak (az egész növényen megjelennek). Egyes növény-vírus kapcsolatokra a lokális és a szisztemikus tünetek együttes megjelenése is jellemző lehet. A kompatibilis kapcsolat egy különleges esete az, amikor az inokuláció következtében nem jönnek létre tünetek, de a növény ennek ellenére megbetegszik. Ez az ún. látens, vagy tünetmentes kompatibilis kapcsolat.

### 5.2. Inkompatibilis kapcsolat

Inkompatibilis kapcsolatban a vírus nem képes a növényt megbetegíteni, és a vírus a növényből nem izolálható vissza. Ez a típusú inkompatibilitás az immunitás. Az inkompatibilis kapcsolat egy különleges esete a hyperszenzitivitás. Ebben az esetben a vírus bejut a növénybe, a bejutás helyén replikálódik, de a replikáció a növény leküzdései reakciója következtében gátolt, a növény lokalizálja a kórokozót (sejt- és szövetelhalás, amputáció).

### 5.3. Tünetek (szimptómák)

A növény-vírus kapcsolatban a tünetek lehetnek (1) külső és (2) belső tünetek.

#### 5.3.1. Külső tünetek (makroszimptómák)

A külső tünetek lokálisak és szisztemikusak lehetnek. A lokális tünetek (klorózis, nekrosis, levélhullás stb.) az inokuláció helyén keletkeznek (1. táblázat).

**1. táblázat. Lokális növény-vírus kapcsolat [Horváth, 1998 eredeti].**

| Gazda – vírus kapcsolat                                   | Tünettípus                   |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------|
| <i>Chenopodium amaranticolor</i> – dohány mozaik vírus    | nekrotikus léziók            |
| <i>Chenopodium quinoa</i> – burgonya Y-vírus              | klorotikus léziók            |
| <i>Chenopodium quinoa</i> – tarlórépa mozaik vírus        | klorotikus léziók            |
| <i>Datura stramonium</i> – dohány gyűrűsfoltosság vírus   | klorotikus–nekrotikus léziók |
| <i>Gomphrena globosa</i> – burgonya X-vírus               | vörös, gyűrű alakú léziók    |
| <i>Nicotiana glutinosa</i> – paradicsom mozaik vírus      | nekrotikus léziók            |
| <i>Nicotiana tabacum</i> cv. Xanthi – dohány mozaik vírus | nekrotikus léziók            |
| <i>Phaseolus vulgaris</i> – dohány nekrosis vírus         | érnekrosis                   |
| <i>Phaseolus vulgaris</i> – lucerna mozaik vírus          | nekrotikus léziók            |
| <i>Solanum demissum</i> A6-hibrid – burgonya Y-vírus      | nekrotikus léziók            |
| <i>Solanum rostratum</i> – burgonya M-vírus               | nekrotikus léziók            |

A lokális léziók megjelenése szoros kapcsolatban van a növény hiperszenzitív reisztenciájával, amely a sejtek, szövetek elhalását idézi elő. A sejtelhalásban a növény aktív védekezési reakciójának van fő szerepe.

A szisztemikus tünetek (mozaik, érkivilágosodás, érszalagosodás, levéldeformáció, enáció stb.) az inokuláció után képződött növényi részekben jelennek meg (2. táblázat).

**2. táblázat. Szisztemikus növény-vírus kapcsolatok [Horváth, 1998 eredeti].**

| Gazda-vírus kapcsolat                                  | Szisztemikus tünettípus |
|--------------------------------------------------------|-------------------------|
| <i>Chenopodium amaranticolor</i> – Arabis mozaik vírus | törpülés, csúcsnekrosis |
| <i>Cucurbita maxima</i> – tök mozaik vírus             | kinővések (enáció)      |
| <i>Datura stramonium</i> – beléndek mozaik vírus       | levéldeformáció         |
| <i>Lycopersicon esculentum</i> – dohány mozaik vírus   | páfránylevelűség        |
| <i>Matthiola incana</i> – uborka mozaik vírus          | virág színtörés         |

|                                                           |                                          |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <i>Nicotiana glutinosa</i> – uborka mozaik vírus          | márványozottság, mozaik, növekedésgátlás |
| <i>Nicotiana tabacum</i> cv. Samsun – burgonya Y-vírus    | érkivilágosodás, érszalagosodás, mozaik  |
| <i>Nicotiana tabacum</i> cv. Samsun – dohány mozaik vírus | mozaik                                   |
| <i>Nicotiana tabacum</i> cv. Xanthi – burgonya Y-vírus    | érnekrózis és szárnekrózis               |
| <i>Petunia hybrida</i> – uborka mozaik vírus              | virág színtörés                          |
| <i>Phaseolus vulgaris</i> – bab közönséges mozaik vírus   | hólyagosodás, mozaik, levéldeformálódás  |
| <i>Tulipa</i> spp. – tulipán színtörpülés                 | virág színtörés                          |
| <i>Vitis vinifera</i> – szőlő páfránylevelűség vírus      | páfránylevelűség                         |

### 5.3.2. Belső tünetek (mikroszimplómák)

A kompatibilis és inkompatibilis gazda-vírus kapcsolatban igen eltérőek lehetnek. A kompatibilis kapcsolatban a kloroplasztiszok károsodnak, abnormális szövetelemek képződnek. A fertőzött sejtekben zárványok jelennek meg. Ezek parakristályok és amorf zárványok is lehetnek. Jellegzetes zárványtípus a forgó kerékszerű zárvány, amely a *Potyvirus* nemzetségbe tartozó vírusokra jellemző. Inkompatibilis kapcsolatban a sejt-(szövet-) halál esetén, a sejtmembrán károsodik, a kloroplasztiszokban felszaporodnak a keményítőszemcsék, a mitokondriumok száma megnövekszik.

## 6. A NÖVÉNYEK SZEREPE A VÍRUSDIFFERENCIÁLÁSBAN ÉS A VÍRUSOK FENNTARTÁSÁBAN

A növényvírusok a természetben leggyakrabban együttesen, komplex formában fordulnak elő. Ezért szükséges olyan növények kiválasztása, amelyek egyes vírusokra fogékonyak, más vírusokkal szemben ellenállóak. Az ilyen növényeket vírusedifferenciáló növényeknek nevezzük. A vírusedifferenciáló növényekkel különböző vírusok elválaszthatók (3. táblázat).

**3. táblázat. A dohány mozaik vírus és a paradicsom mozaik vírus szétválasztása differenciáló tesztnövényekkel [Horváth, 1993 után].**

| Tesztnövények                    | Vírusok             |                         |
|----------------------------------|---------------------|-------------------------|
|                                  | Dohány mozaik vírus | Paradicsom mozaik vírus |
| <i>Nicotiana sylvestris</i>      | LS <sup>1</sup>     | L                       |
| <i>Chenopodium amaranticolor</i> | L                   | LS                      |
| <i>Chenopodium quinoa</i>        | L                   | LS                      |
| <i>Lycopersicon esculentum</i>   | S                   | S                       |
| <i>Plantago major</i>            | L                   | LS                      |

<sup>1</sup>L, lokális tünetek; S, szisztemikus tünetek; LS, lokális és szisztemikus tünetek.

A növények másik kiemelkedő virológiai fontossága abban van, hogy a vírusok tanulmányozása – mivel obligát sejtparaziták, és csak élő növényekben képesek szaporodni – növények nélkül nem lehetséges. Ezért igen fontos tudni, hogy milyen vírusok, milyen növényekben replikálódnak a legjobban, és milyen növényekben tarthatók fenn hosszabb ideig *in vivo* és *in vitro* (4. táblázat).

**4. táblázat. A vírusok fenntarthatósága gazdanövényekben [Baracsi, 1999 után módosítva].**

| Vírus neve                  | Gazdanövény és kódja                                                                                 |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bab közönséges mozaik vírus | <i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>Nicotiana clevelandii</i>                                             |
| Burgonya X-vírus            | <i>Datura stramonium</i> , <i>Gomphrena globosa</i>                                                  |
| Burgonya Y-vírus            | <i>Chenopodium amaranticolor</i> , <i>Chenopodium quinoa</i> , <i>Nicotiana tabacum</i> cv. Xanthi   |
| Dohány mozaik vírus         | <i>Chenopodium amaranticolor</i> , <i>Nicotiana sylvestris</i> , <i>Nicotiana tabacum</i> cv. Samsun |
| Lucerna mozaik vírus        | <i>Chenopodium quinoa</i> , <i>Nicotiana benthamiana</i> , <i>Nicotiana tabacum</i> cv. Xanthi       |

Paradicsom mozaik vírus

*Chenopodium quinoa*, *Nicotiana tabacum* cv.

Samsun

Uborka mozaik vírus

*Nicotiana clevelandii*, *Nicotiana megalosiphon*

## 7. A VÍRUSOK ÁTVITELE, TERJEDÉSE

A vírusok átvihetőségének (terjedésének) ismerete - a betegségeket kiváltó egyéb kórokozókhoz hasonlóan - alapvető jelentőségű. A vírusok élő szervezetbe jutása passzív folyamat. A vírusoknak ui. nincsenek olyan enzimeik, amelyek lehetővé tehetnék a növényi sejtekbe történő aktív hatolást. Az átvitel többnyire külső segítséggel történik. A vírusátvitel lehetőségei alapvetően két nagy csoportba sorolhatóak: (1) vektor nélküli vírusátvitel és (2) állatvektorokkal történő vírusátvitel. Az egyes terjedési, vírusátviteli módok vírusoktól függően eltérőek lehetnek, de az egyes átviteli lehetőségek kombinálódhatnak is egymással. A vírusok igen széles körű elterjedése, tág gazdaköre, valamint a kedvező ökológiai körülmények sok esetben időben és térben egybeeső epidémiák kialakulását, vagy olyan pandémiák kialakulását eredményezik, amelyek kiterjedése és időtartama határtalan. Az epidémiák és pandémiák kialakulásában az ember direkt és indirekt szerepén kívül igen fontos szerepet játszik a növények esetében a rezisztencia hiánya, a megnövekedett nemzetközi forgalom stb.

### 7.1. Vektor nélküli átvitel

#### 7.1.1. Vírusátvitel oltással

Elvileg minden növényvírus oltással (kertészeti oltás) átvihető, ha a növény és a vírus között szöveti kompatibilitás van. Ismertek olyan növényvírusok, amelyek kizárólagosan oltással vihetők át: alma levélfoltosság vírus. A vírusok oltással történő átvitelének elsősorban a fás szárú növények vírusainak tanulmányozásában, valamint a rezisztenciakutatásban van (a rezisztencia megállapításának elengedhetetlen kritériuma).

### 7.1.2. Vírusátvitel mechanikailag

A növénypatogén vírusok legnagyobb része azzal a tulajdonsággal rendelkezik, hogy a beteg növény szövetnedvével egészséges növénybe átvihető. A mechanikai átviteli módszerek eltérhetnek egymástól, de abban mind megegyeznek, hogy a vírustartalmú szövetnedv átvitele művi úton ejtett sebzéseken (pl. karborundum, cellit) keresztül történik.

### 7.1.3. Vírusátvitel vegetatív szaporítószervekkel

A vegetatív szaporítószervekkel (gumó, hagyma stb.) történő vírusátvitel igen jelentős. Különösen a dísznövény- és burgonyatermesztésben okoz felbecsülhetetlen károkat. A tulipán számos vírusbetegsége az egyéb átviteli lehetőségeken (levéltetvek) kívül hagymával történik. A burgonya levéltetvekkel nem terjedő vírusa, a dohány mozaik vírus, a beteg burgonyanövények gumójával terjed.

### 7.1.4. Vírusátvitel maggal

Nyolc évtizede állapították meg először, hogy egyes vírusok (pl. bab közönséges mozaik vírus) a beteg növények magjával terjednek. Eddig több mint 100 vírus maggal történő átvihetőségét állapították meg. A maggal történő vírusátvitelnek két lehetősége van: (1) a mag felületén lévő vírus átvitele, (2) a mag belsejéből történő vírusátvitel; azaz külső, ill. belső magátvitel. A külső magátvitel csak igen stabil vírusoknál (dohány mozaik vírus, paradicsom mozaik vírus) lehetséges. A külső magátvitelnek az a feltétele, hogy a generatív folyamatok valamelyik szakaszában a vírus bejuthasson a csírákezdeménybe, vagy azok sejtjeibe. Egyes vírusoknál (paradicsom magtalanság vírus) sterilítást is eredményezhet. Az egyik legjobban ismert, ún. belső magátvitellel terjedő vírus a bab közönséges mozaik vírus.

### 7.1.5. Vírusátvitel pollennel

A pollennel (virágporral) történő vírusterjedés főleg a gyümölcsfák esetében, egyes vírusdiagnosztikai növények (*Chenopodium* spp.) esetében és genetikai alapanyagok (*Solanum* fajok) esetében is igen jelentős és veszélyes. A maggal átvihető vírusok általában pollennel is terjednek. A pollennel történő vírusterjedés gyorsaságára vall, hogy pl. vírusmentesített gyümölcsfa állományban 6 év alatt 40 %-os vírusterjedtség is kialakulhat.

A cseresznye nekrotikus gyűrűsfoltosság vírus, a szilva törpülés vírus és a málna gyűrűsfoltosság vírus terjedése főleg pollennel történik.

#### 7.1.6. Vírusátvitel gyökérrel

Vírusfertőzött növények gyökerei alkalmasak egészséges növények hajszálgyökereinek megfertőzésére a talajban. A vírusátvitelben jelentős szerepet játszanak az elkorhadott gyökérmadarványok is. A gyökérrel történő vírusátvitelnek a kertészeti kultúráknál és a fás szárú növényeknél (gyümölcsfák) van kiemelkedő jelentősége.

#### 7.1.7. Vírusátvitel alacsonyabb rendű gombákkal

A talajban élő gombák igen jelentős szerepet játszanak a vírusok átvitelében. Főképpen az *Olpidium*, *Polymyxa* és *Pythium* nemzetségbe tartozó gombák alkalmasak vírusok terjesztésére. Egyes vírusok, pl. a répa nekrotikus sárgaerűség vírus – amely a cukorrépa rizómánia betegségét idézi elő – csaknem kizárólagosan talajban élő gombával (*Polymyxa betae*) terjed. A zöldségtermesztésben fontos szerepet játszik az *Olpidium brassicae*, amely a dohány nekrosis vírusot terjeszti.

#### 7.1.8. Vírusátvitel *Cuscuta*-fajokkal

A *Cuscuta*-fajok, mint ún. „biológiai vektorok” játszanak szerepet egyes vírusok és fitoplazmák átvitelében. Az átvitelben legfontosabb a *Cuscuta subinclusa* és a *C. campestris*. Nemcsak a lágy szárú, hanem a fás szárú növények vírusai is terjednek aranka fajokkal. A *Cuscuta*-fajokkal átvihető vírusok (uborka mozaik vírus, borsó foltosság vírus) eltérő rendszertani csoportokba tartoznak. Jelenlegi ismereteink alapján csaknem százra tehető azoknak a vírusoknak a száma, amelyek *Cuscuta*-fajokkal átvihetők.

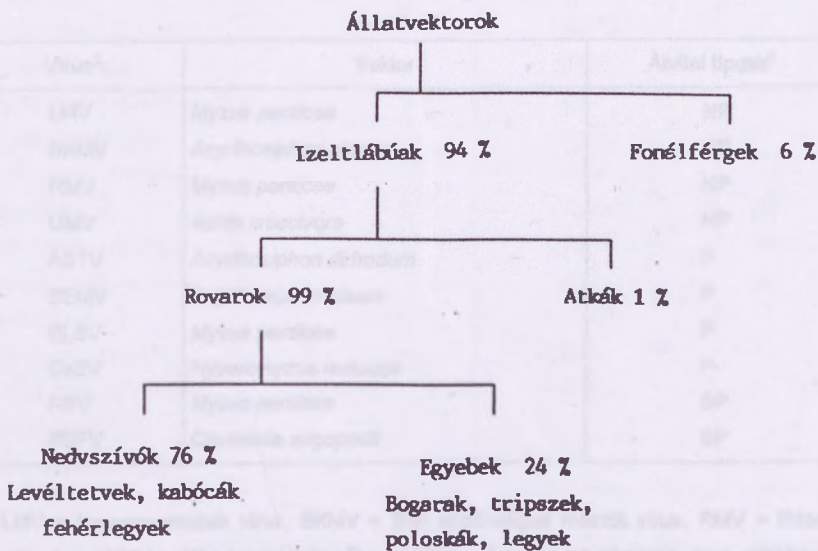
#### 7.1.9. Vírusátvitel vízzel

Az utóbbi évek kutatási eredményei hívták fel a figyelmet arra, hogy szárazföldi vírusok természetes vizekben előfordulnak, és ezek a vizek – mint vektorok – alkalmasak további vírusfertőzések előidézésére. Igen jelentős mértékben terjed (átvihető) vízzel az uborka zöldfoltosság mozaik vírus, és minden olyan stabil vírus (pl. dohány mozaik vírus), amely

hosszú ideig megőrzi fertőzőképességét. A vízzel történő vírusátvitelnek különösen a természetes vizekkel öntözött kertészeti kultúrákban van jelentősége.

## 7.2. Állatvektorokkal történő vírusátvitel

A vírusok terjedésének legáltalánosabb formája. A vírusok átvitelében az alábbi állatok játszanak szerepet: levéltetvek, kabócák, fonálférgek, atkák, tripszek, poloskák, liszteskék, pajzstetvek, levélbolhák, aknázólegyek, bogarak, sáskák, lepkék, ászkák, fűlbemászók és csigák. A vírusátvitelben játszott szerepüket a 6. ábra szemlélteti. Tekintettel arra, hogy a legismertebb és legnagyobb jelentőségű vírusvektorok a levéltetvek, a kabócák, a fonálférgek, a tripszek és a liszteskék, ezért röviden ezeket tárgyaljuk.



6. ábra. Az állatvektorok vírusátvitelben játszott szerepe [Harris, 1981 után].

### 7.2.1. Levéltetvek

A rovarvektorok több mint 70%-a a Homoptera rend Aphididae (levéltetvek) családjába tartozik. A levéltetvek játszik a legnagyobb szerepet a vírusok átvitelében. A levéltetvek, mint szűrő-szívó szájszervű rovarok magas fokú specializáltságot mutatnak a növény-vírus-vektor kapcsolatokban. A levéltetvek szájszerve (styletum) veszi fel a vírust a beteg növény szöveteiből. Attól függően, hogy a virionok megtapadnak-e a styletumon, vagy az emésztőszerv rendszerbe jutva transzlokálódnak a nyálmirigyekben, megkülönböztetünk nem perzisztens vagy stylet-borne vírusokat, ill. perzisztens vagy cirkulatív vírusokat (lásd 7.3. és 7.4. alfejezetet). Néhány fontosabb vírus levéltetű vektorát az 5. táblázatban foglaltuk össze.

5. táblázat. Néhány vírus-levéltetű vektor kapcsolat és a vírusátvitel típusai [Horváth, 1998 eredeti].

| Vírus <sup>1</sup> | Vektor                       | Átvitel típusa <sup>2</sup> |
|--------------------|------------------------------|-----------------------------|
| LMV                | <i>Myzus persicae</i>        | NP                          |
| BKMV               | <i>Acyrtosiphon pisum</i>    | NP                          |
| RMV                | <i>Myzus persicae</i>        | NP                          |
| UMV                | <i>Aphis craccivora</i>      | NP                          |
| ÁSTV               | <i>Acyrtosiphon dirhodum</i> | P                           |
| BEMV               | <i>Acyrtosiphon pisum</i>    | P                           |
| BLSV               | <i>Myzus persicae</i>        | P                           |
| CsSV               | <i>Hyperomyzus lactucae</i>  | P                           |
| RSV                | <i>Myzus persicae</i>        | SP                          |
| PSFV               | <i>Cavariella aegopodii</i>  | SP                          |

<sup>1</sup>LMV = Lucerna mozaik vírus, BKMV = Bab közönséges mozaik vírus, RMV = Répa mozaik vírus, UMV = Uborka mozaik vírus, ÁSTV = Árpa sárga törpülés vírus, BEMV = Borsó enációs mozaik vírus, BLSV = Burgonya levélsodródás vírus, CsSV = Csorbóka sárgaerűség vírus, RSV = Répa sárgaság vírus, PSFV = Pasztinák sárga foltosság vírus.

<sup>2</sup>NP = Nem perzisztens, P = Perzisztens, SP = szemiperzisztens.

### 7.2.2. Kabócák

A mezei kabóca-félék (Cicadellidae), a sarkantyús kabóca-félék (Delphacidae) és a púposkabóca-félék (Membracidae) a levéltetvek után a legfontosabb szerepet játsszák a vírusok és fitoplazmák átvitelében. Több mint 50 kabóca faj vektorszerepe ismert. A kabócákkal történő kórokozók átvitele általában perzisztens és szemiperzisztens (lásd 7.5. alfejezet) módon történhet (6. táblázat). A rizs törpülés vírus kabócavektorában (*Nephotettix apicalis*) szaporodik, ezért perzisztens-propagatív vírusként ismert.

6. táblázat. Vírusok és fitoplazmák kabócavektoral [Horváth, 1998 eredeti].

| Kabócavektorok<br>Család:     | Kórokozó <sup>1</sup> | Átvitel<br>típusa <sup>2</sup> |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| <b>Cicadellidae:</b>          |                       |                                |
| <i>Macrostelus fascifrons</i> | ZKTV                  | P                              |
| <i>Dalbulus maidis</i>        | ÖSF                   | P                              |
| <i>Macrostelus fascifrons</i> | ÖSF                   | P                              |
| <i>Agallia constricta</i>     | BSTV                  | P                              |
| <i>Nephotettix cincticeps</i> | RTV                   | P-P                            |
| <i>N. cincticeps</i>          | RTSzV                 | SP                             |
| <i>Graminella nigrifrons</i>  | KKTV                  | SP                             |
| <i>Psammotettix alienus</i>   | BTV                   | SP                             |
| <b>Delphacidae:</b>           |                       |                                |
| <i>Peregrinus maidis</i>      | KMV                   | P                              |
| <i>Laodelphax striatellus</i> | KÉTV                  | P                              |
| <b>Membracidae:</b>           |                       |                                |
| <i>Micrutalis malleifera</i>  | PÁLV                  | P                              |

<sup>1</sup>ZKTV = Zab kék törpülés vírus, BTV = Búza törpülés vírus, ÖSF = Ószirozsa sárgaság fitoplazma, BSTV = Burgonya sárga törpülés vírus, RTV = Rizs törpülés vírus, RTSzV = rizs tungro szferikus vírus, KKTV = Kukorica klorotikus törpülés vírus, BTV = Búza törpülés vírus, KMV = Kukorica mozaik vírus, KÉTV = Kukorica érdes törpülés vírus, PÁLV = Paradicsom ál-levélgöndörödés vírus.

<sup>2</sup>P = Perzisztens, P-P = perzisztens-propagatív, SP = Szemiperzisztens.

### 7.2.3. Fonálférgék

A talajban élő fonálférgék vírusvektor szerepének bizonyítása négy évtizedre nyúlik vissza. Először 1958-ban a *Xiphinema index* fonálféregről állapították meg, hogy szerepet játszik a szőlő páfránylevelűség vírus átvitelében. Nemsokkal később 1961-ben igazolták a *Trichodorus pachidermus* vektorszerepét a dohány rattle vírus terjesztésében. A fonálférgekkel átvihető vírusok két csoportba tartoznak: (1) NEPO-vírusok (azok a fonálférgekkel átvihető vírusok, amelyek izometrikus partikulumokkal rendelkeznek), és (2) NETU-vírusok (azok a fonálférgekkel átvihető vírusok, amelyek pálcika alakú partikulumokkal rendelkeznek). A NEPO-vírusok a *Xiphinema*, *Longidorus* és *Paralongidorus* nemzetségbe, a NETU-vírusok a *Trichodorus* és a *Paratrachodorus* nemzetségbe tartozó fonálféreg fajokkal vihetők át (7. táblázat).

7. táblázat. Fonálférgekkel átvihető vírusok és fontosabb vírusgazdák [Horváth, 1998 eredeti].

| Fonálféreg neve                 | Vírus neve <sup>1</sup> | Gazdanövény                     |
|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| <i>Longidorus apulus</i>        | AILV                    | Articsóka, szőlő                |
| <i>L. arthensis</i>             | CsRV                    | Cseresznye                      |
| <i>L. attenuatus</i>            | PFGyV                   | Saláta, répa, zeller            |
| <i>L. elongatus</i>             | MGyV                    | Málna                           |
|                                 | PFGyV                   | Burgonya, málna                 |
| <i>L. fasciatus</i>             | AILV                    | Articsóka                       |
| <i>L. macrosoma</i>             | MGyV                    | Málna, szőlő, cseresznye        |
| <i>L. martini</i>               | EGyV                    | Eperfa                          |
| <i>Paralongidorus maximus</i>   | MGyV                    | Szőlő                           |
| <i>Paratrachodorus anemones</i> | BKBV                    | Borsó                           |
|                                 | DRV                     | Burgonya                        |
| <i>P. hispanicus</i>            | DRV                     | Burgonya                        |
| <i>P. minor</i>                 | DRV                     | Burgonya                        |
| <i>P. pachydermus</i>           | DRV                     | Burgonya                        |
|                                 | BKBV                    | Borsó                           |
| <i>P. teres</i>                 | DRV                     | Burgonya                        |
|                                 | BKBV                    | Borsó                           |
| <i>P. tunisiensis</i>           | DRV                     | Burgonya                        |
| <i>Trichodorus cylindricus</i>  | BKBV                    | Borsó                           |
|                                 | DRV                     | Burgonya                        |
| <i>T. primitivus</i>            | BKBV                    | Borsó                           |
|                                 | DRV                     | Burgonya                        |
| <i>T. similis</i>               | DRV                     | Burgonya                        |
| <i>T. viruliferus</i>           | BKBV                    | Borsó                           |
|                                 | DRV                     | Burgonya                        |
| <i>Xiphinema americanum</i>     | DGYF                    | Cseresznye, szőlő, szója        |
|                                 | PgyF                    | Szőlő, alma, <i>Prunus</i> spp. |

|                           |       |                              |
|---------------------------|-------|------------------------------|
|                           | CsÉV  | Alma, cseresznye             |
|                           | ŐRV   | Őszibarack                   |
| <i>X. bricolense</i>      | PGyF  | Alma, cseresznye             |
| <i>X. californium</i>     | CsÉV  | Alma, cseresznye             |
| <i>X. diversicaudatum</i> | FLGyV | Szőlő, őszibarack, földieper |
|                           | AMV   | Földieper                    |
| <i>X. index</i>           | SzPV  | Szőlő                        |
| <i>X. intermedium</i>     | DGyF  | Szőlő, alma                  |
|                           | PGyF  | Szőlő, alma                  |
| <i>X. rivesi</i>          | CsÉV  | Cseresznye, alma, őszibarack |
|                           | DGyF  | Szőlő, cseresznye            |
|                           | PGyF  | Szőlő, alma, cseresznye      |
| <i>X. tarjanense</i>      | DGyF  | Szőlő, alma                  |
|                           | PGyF  | Szőlő, alma, cseresznye      |

<sup>1</sup>AILV = Articsóka látens vírus, CsRV = Cseresznye rozettásodás vírus, PFGyV = Paradicsom fekete gyűrűsfoltosság vírus, MGyV = Málna gyűrűsfoltosság vírus, EGyV = Eperfa gyűrűsfoltosság vírus, BKBV = Borsó korai barnulás vírus, DRV = Dohány rattle vírus, DGyF = Dohány gyűrűsfoltosság vírus, CsÉV = Cseresznye érdeslevelűség vírus, ŐRV = Őszibarack rozettásodás vírus, FLGyV = Földieper látens gyűrűsfoltosság vírus, AMV = Arabis mozaik vírus, SzPV = Szőlő páfránylevelűség vírus, PGyF = Paradicsom gyűrűsfoltosság vírus.

#### 7.2.4. Tripszek

Az utóbbi években igen jelentős szerepet játszanak a különböző tripsz-fajok, amelyek a dísz- és zöldségnövényeket, valamint a dohányt fertőző *tospovirusok* átvitelében fontosak. Ismereteink szerint a *Tospovirus* nemzetségbe tartozó vírusok (12 vírusfaj) nyolc tripsz fajjal terjednek (8. táblázat). A tripszekkel átvihető vírusok általában a perzisztens ill. ciklatív vírusok csoportjába tartoznak, de ismertek olyan kutatási eredmények is, melyek szerint a lárvák képesek a vírust 30 perc alatt is felvenni, ill. leadni (fertőzni). A tripszekkel átvihető vírusok szaporodását – perzisztens természetük ellenére – vektoraikban nem sikerült igazolni.

8. táblázat. *Tospovirusok* átvitelében szerepet játszó tripszvektorok [Horváth, 1999 után].

| <i>Tospovirusok</i>               | Vektorok <sup>1</sup> |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|
|                                   | A                     | B  | C  | D  | E  | F  | G  | H  |
| Paradicsom bronzfoltosság         | +                     | +  | +  | +  | +  | +  |    |    |
| Paradicsom klorotikus foltosság   | +                     | +  |    | +  |    |    |    |    |
| Földimogyoró gyűrűsfoltosság      | +                     | +  |    |    |    |    |    |    |
| Impatiens nekrotikus foltosság    | +                     |    | +  |    |    |    |    |    |
| Földimogyoró rügynekrózis         |                       |    |    |    |    |    | +  |    |
| Görögdinnye ezüsfoltosság         |                       |    |    |    |    |    | +  |    |
| Dinnye foltos hervadás            |                       |    |    |    |    |    | +  |    |
| Chrysanthemum szárnekrózis        | ni                    | ni | ni | ni | ni | ni | ni | ni |
| Cukkini letális klorózis          | ni                    | ni | ni | ni | ni | ni | ni | ni |
| Iris sárga foltosság              | +                     |    |    |    | +  |    |    |    |
| Földimogyoró klorotikus foltosság |                       |    |    |    |    |    |    | +  |
| Görögdinnye rügynekrózis vírus    | ni                    | ni | ni | ni | ni | ni | ni | ni |

<sup>1</sup>A = *Frankliniella occidentalis*, B = *F. schulzei*, C = *F. fusca*, D = *F. intonsa*, E = *Thrips tabaci*, F = *T. setosus*, G = *T. palmi*, H = *Scirtothrips dorsalis*, ni = nem ismert.

### 7.2.5. Liszteskék

Az újabb kutatások során vált ismertté, hogy korábban a *Closterovirus* nemzetségbe tartozó vírusok egy része nem levéltetvekkel, hanem liszteskékkal (föhérlegyekkel) terjed. Ezeket a vírusokat – amelyek kétkomponensűek és liszteskékkal terjednek – újabban egy új nemzetségbe (*Crinivirus*) sorolják, amelynek típus tagja a saláta fertőző sárgaság vírus. Az utóbbi években jelentősen megnövekedett a liszteskékkal terjedő vírusok száma. Figyelemre méltó, hogy Kaliforniában 1970 és 1990 között a *Bemisia tabaci* populációja 1600-szorosára növekedett. Ennek pontos oka ismeretlen, de feltételezhetően a globális felmelegedésre, a

szintetikus, szerves inszekticidek használata következtében fellépő vegyszer-rezisztenciára és a nemzetközi szaporítóanyag-csere megnövekedésére vezethető vissza. A különböző liszteskékkel átvihető néhány vírus nevét és az átvitel típusát a 9. táblázat tartalmazza.

9. táblázat. Liszteskékkel terjedő *crinivirusok*.

| Vírus neve <sup>1</sup> | Liszteske vektor                 | Átvitel típusa <sup>2</sup> |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| AMV                     | <i>Bemisia tabaci</i>            | P                           |
| SZRV                    | <i>B. tabaci</i>                 | P                           |
| ÉKTV                    | <i>B. tabaci</i>                 | P                           |
| UKFV                    | <i>B. tabaci</i>                 | P                           |
| PFKV                    | <i>Trialeurodes vaporariorum</i> | P                           |
| PKV                     | <i>T. vaporariorum</i>           | P                           |
|                         | <i>T. abutilonea</i>             |                             |
|                         | <i>B. tabaci</i>                 |                             |
|                         | <i>B. argentifolii</i>           |                             |
| SFSV                    | <i>B. tabaci</i>                 | SP                          |

<sup>1</sup>AMV = Abutílon mozaik vírus, SZRV = Szójabab ráncoslevelű vírus, ÉKTV = Édesburgonya klorotikus törpülés vírus, UKFV = Uborka klorotikus foltosság vírus, PFKV = Paradicsom fertőző klorózis vírus, PKV = Paradicsom klorózis vírus, SFSV = Saláta fertőző sárgaság vírus.

<sup>2</sup>P = Perzisztens, SP = Szemiperzisztens.

### 7.3. Nem perzisztens vírusok

A nem perzisztens, vagy stilet-borne vírusok (Pl. burgonya Y-vírus) a levélparenchimában lokalizálódnak, mechanikailag könnyen átvihetők, és főleg mozaik tüneteket okoznak. A nem perzisztens vírusok alapvető tulajdonságai a következőkben foglalhatók össze: (1) a felvételi szívás után a rovar azonnal fertőzőképes lesz, inkubációs idő nincs; (2) a forrásnövényen való táplálkozás idejének növekedésével a vektor fertőzőképessége csökken; (3) a vírusátviteli képesség a felvételi szívást megelőző éheztetéssel növelhető; (4) a vektorok egészséges növényen való szívogatás közben fertőzőképességüket hamar elveszítik; (5) a vírusok a vektor szipókájának csúcsi barázdáiban helyezkednek el; (6) a vírus felvételét

követő vedlés a fertőzőképességet nagymértékben csökkenti; (7) a vektor testüregébe mesterségesen bejuttatott vírussal a rovar nem lehet fertőzővé tenni; (8) a vírusok a rovar hemolimfájából nem nyerhetők vissza; (9) a nem-perzisztens vírusoknak nincsenek speciális vektoraik.

#### 7.4. Perzisztens vírusok

A perzisztens, vagy cirkulatív vírusok a floemben vagy a xylemben lokalizálódnak, általában ún. sárgaságtípusú betegségeket idéznek elő, mechanikailag nem, vagy nehezen vihetők át. Legismertebb cirkulatív vírus a burgonya levélsodródás vírus, amely levéltetvekkel terjed. A vírus–vektor kapcsolat főbb jellemzői a következők: (1) a forrásnövényen való táplálkozás idejének növekedésével a vektor fertőzőképessége nő; (2) a vírusátviteli képességet a felvételi szívás előtti éhétel nem befolyásolja; (3) a vírus felvétele és az első eredményes fertőzés között meghatározott idő telik el, ezalatt a vektor még fertőzőképtelen. Az inkubációs idő addig tart, amíg a kórokozó az utóbélből a hemolímfa rendszeren keresztül a melléknyálmirigybe jut; (4) az inkubációs idő letelte után a vektorok fertőzőképességüket sokáig, gyakran életük végéig megőrzik; (5) a vektor fertőzőképességét a vedlés nem befolyásolja; (6) a vektor fertőzővé tehető a testüregébe mesterségesen bejuttatott vírussal; (7) a vírus visszanyerhető a vektor hemolimfájából; (8) a cirkulatív vírusok vektorspecifikusak: általában egy, vagy kevés vektorral rendelkeznek.

A perzisztens vírusok egy része a vektorban szaporodik. Ezeket a vírusokat propagatív vírusoknak nevezzük. Ilyen vírus pl. a répa nyugati sárgaság vírus, amely *Myzus persicae* levéltetűben szaporodik. A propagatív vírus–vektor kapcsolat általános jellemzői a cirkulatív vírusoknál leírtakon kívül az alábbiakban foglalhatók össze: (1) a vírus a vektor testében hosszú ideig megmarad, sőt gyakran tojásaik is fertőződnek; (2) a vírus mechanikai úton növényről növényre átvihetetlen, de a vírussal fertőzött levéltetvek szövetnedvével az egészséges levéltetvekbe átvihető.

#### 7.5. Szemiperzisztens vírusok

Az ide tartozó vírusok a perzisztens és a nem-perzisztens csoport közötti átmenetet képviselik. A szemiperzisztens vírusok mechanikailag általában nem vihetők át, vagy átvételük nehéz (répa sárgaság vírus). A vírus–vektor kapcsolat főbb tulajdonságai a

leadni; (2) a vektor felvételi szívás előtti éheztetése a vírusátvitel eredményességét nem befolyásolja; (3) a vektor fertőzőképességére a vedlés nincs hatással.

## 8. A VÍRUSOK IZOLÁLÁSA ÉS TISZTÍTÁSA

A vírusok fizikai és kémiai természetének megismeréséhez feltétlenül szükség van a vírusok tisztítására. A vírusok tisztításának alapfeltétele, hogy a virionok elkülönüljenek a gazdanövény egyéb anyagaitól. Az elkülönítésére vonatkozóan egységes módszer nem ismert, az alkalmazott módszerek a gazda-vírus kapcsolatoktól függően eltérőek. Általános elv az, hogy a vírusszuspenziót el kell választani a sejtalkotó részekről, és koncentrálni kell. Alapvető szempont a vírusok biológiai tisztasága. Ehhez ismerni kell a gátló anyagokat (fenolok, inhibitor fehérjék) nem tartalmazó, nagy víruskoncentrációt mutató gazdanövényeket, a kíméletes, vírusdenaturálódást, ill. vírusinaktiválódást megakadályozó kivonás módszereit (feltáró pufferek), a centrifugálás során alkalmazott szerves oldószereket, a nyers fehérjék elkülönítésére használt hőkezelés és fagyasztásos eljárásokat, és a vírusoldat töményítésére és a virionok elkülönítésére alkalmas módszereket.

## 9. A VÍRUSOK REPLIKÁCIÓJA

A vírusok saját anyagcserével nem rendelkeznek, replikációjukhoz a gazdasejt fehérje- és nukleinsav szintetizáló képességét használják fel. A replikáció során a gazdasejt tevékenységét úgy programozzák át, hogy a sejt saját anyagai elősegítsék új virionok bioszintézisét (produktív infekció). A vírusok replikációja hat szakaszra osztható: (1) adszorpció, (2) penetráció, (3) dekapcsidáció, (4) eklipszis, (5) maturáció, (6) kiszabadulás. Az adszorpciós fázisban a sejt felszíne és a virion között stabil kötődés jön létre. A penetráció során a virion különböző mechanizmusokkal (nővényvírusoknál vektorok segítségével) jut be a sejtbe. A penetráció után a virion dekapcsidálódik, amelynek során

egyes vírusoknál ún. kapszid fehérjét bontó enzim vesz részt, más vírusoknál (pl. influenzavírus) pedig a peplon egyesül a sejtmembránnal és a citoplazmába csak a nukleokapszid hatol be. Az eklipszis szakaszban a vegetatív vírus nukleinsavban tárolt információi nukleinsav polimerázok segítségével új nukleinsavak képződését eredményezik (replikáció). Hasonlóan fontos a nukleinsavat bontó nukleázoknak (RNázok, DNázok) és a nukleinsav töréseket összekapcsoló, valamint a vírusnukleinsavnak a sejtgenomba történő beépítését végző ligázoknak (polinukleotid ligáz, DNS-ligáz) a szerepe. A vírusnukleinsav replikációjával párhuzamosan kezdődik a vírusfehérjék szintézise. A maturációs (érési) szakaszban a szintetizálódott nukleinsav-, a fehérje- és az egyéb komponensek érett, fertőző vírusokká egyesülnek. Az összeépülés az izometrikus RNS tartalmú vírusoknál a nukleinsav és a fehérje alegységek fizikokémiai konfigurációjából adódóan csak egyféle virion kialakulásához vezethet. Más vírusok spontán is aggregálódhatnak, de ismertek olyanok is (pl. *adenovírusok*), amelyeknek az alkotórészei nem tudnak minden esetben komplett virionná összeépülni, és ún. „üres” köpenyfehérje burkok jönnek létre. A kiszabadulási szakaszban a fertőzött sejtek szétesnek, elpusztulnak, a vírusok a külvilágba kerülnek.

## 10. A VÍRUSOK DIAGNOSZTIKÁJA

Vírusbetegségnek csak az tekinthető, amelynek víruskórokozóját sikerül izolálni, antigénjeit a gazdaszervezetben kimutatni és/vagy a betegséget mesterséges inokulációval reprodukálni. A vírusfertőzés következtében fellépő tünetek (szimptómák) alapján bizonyos vírusokra lehet következtetni, de a gazda-vírus reakciókat befolyásoló környezeti tényezők jelentős volta, továbbá a számos látens és lassú fertőzés (slow vírusok) miatt a szimptomatológia egyedül igen megbízhatatlan a vírusok diagnosztikájában. A vírusok mesterséges átvitele tesztnövényekre, valamint olyan objektív diagnosztikai eljárások, mint pl. a szerológiai módszerek (ELISA-módszer), a komplementkötési reakció, hemagglutináció, neutralizáció, elektronmikroszkópia, immuno-elektronmikroszkópia, RNS-DNS hibridizáció stb. jelentős szerepet játszanak a vírusok azonosításában. A vírusok fizikai tulajdonságain (hőinaktiválási pont, *in vitro* eltarthatóság, hígíthatóság stb.) alapuló diagnosztika megbízhatatlan.

A vírusok azonosításában legelterjedtebb módszer a szerológia, amelynek különböző régi (agglutináció, precipitáció) és viszonylag újabb (agar-gél diffúzió, ELISA) módszerei vannak.

Ma már leginkább az agar-gél diffúziós módszer és az ELISA-módszer van elterjedve. Minden szerológiai vizsgálat alapja a vírusspecifikus antiszérum előállítása, amelynek sematikus ábrázolását a 7. ábra mutatja. Az agar-gél diffúziós módszer különösen az izometrikus vírusok kimutatására alkalmas, mivel a 300 nm-nél hosszabb vírusok rosszul diffundálnak az agarba. A módszer kiválóan alkalmas a növényvírusok rokonsági kapcsolatainak megállapítására. Ha pl. két vírusizolátum (ab, ac vagy cd) fuzionál az agarban az ab, ac, vagy cd antiszérummal szemben, akkor az antigének identikusak. Ha ún. „sarkantyúképződés” alakul ki az ab és az ac vírusizolátum esetében az ab antiszérummal szemben, akkor az antigének rokonok. Ha a precipitációs csík kereszteződik az ab és cd izolátumok esetében az a, b, c, d antiszérummal szemben, akkor az antigének különbözőek (8. ábra).

Az ELISA-módszer igen magas fokú érzékenysége miatt 1976 óta a legszélesebb körben alkalmazott szerológiai eljárás. Alapvetően minden növényvírus kimutatására alkalmas. Az ELISA-módszerek közül legelterjedtebb a direkt ELISA-eljárás (kettősszendvics módszer). Az enzimhez kapcsolt immunszorbens eljárás, olyan szilárd fázison lejátszódó színreakció, amelynél a reagensek műanyag felülethez vannak kötve, és a reakció enzimmel kapcsolt antitest segítségével követhető nyomon.

A szerológiai módszereken kívül fontos szerepet játszik az elektronmikroszkópia a vírusidentifikálásban, mivel a fénymikroszkópok feloldóképessége gyenge. Számos módszer ismert (negatív festéses eljárás, levél-bemártásos módszer, immuno-elektronmikroszkópos módszer, dekorációs módszer stb.). A felgyorsított elektronokkal működtetett elektronmikroszkóp feloldóképessége 20 Å-ig növelhető, és ezzel mintegy 200 ezerszeres nagyítás érhető el. Ma már ennél jobb feloldóképességgel rendelkező elektronmikroszkópok is vannak. A virionok méretének megállapításakor minimum 100-200 partikulumot kell megmérni. Igen elterjedt módszer az immuno-elektronmikroszkópos eljárás; ennél a módszernél a szerológia és az elektronmikroszkópia kombinálása kerül sor. A módszer előnye a fajlagosság és az érzékenység növelése.



1. Vírus-felzaporítás tesztnövényben



2. Vírustartalmú szövetnedv extrahálása pufferben



3. Vírustisztítás



4. Szedimentálás ultracentrifugálással



5. Sűrűség-gradiens centrifugálás, differenciálás



6. Elektronmikroszkópos vizsgálat



7. Immunizálás



8. Ellenanyag-tartalmú szérum nyerése vérből



9. Szerológiai vizsgálat

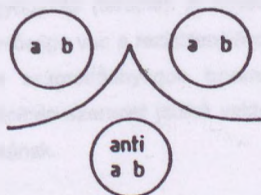
7. ábra. Virusspecifikus antiszérum előállításának sematikus ábrázolása [Meyer-Kahsnitz, 1993 után].

## 11. A VIRUSOK ELTÉRŐ VÉDELKEZÉSE

## 11.1. Hagymányos módszer

A vírusokhoz, mint minden biológiai objektushoz, megfelelően választott kell választani az antigén (antigén) és az ellenanyag (antibody) közötti reakciók vizsgálata. A vírusokhoz az antigén (antigén) és az ellenanyag (antibody) közötti reakciók vizsgálata. A vírusokhoz az antigén (antigén) és az ellenanyag (antibody) közötti reakciók vizsgálata.

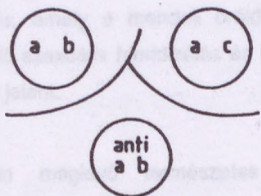
Azonos antigének



Fúzió

A vírusokhoz az antigén (antigén) és az ellenanyag (antibody) közötti reakciók vizsgálata. A vírusokhoz az antigén (antigén) és az ellenanyag (antibody) közötti reakciók vizsgálata. A vírusokhoz az antigén (antigén) és az ellenanyag (antibody) közötti reakciók vizsgálata.

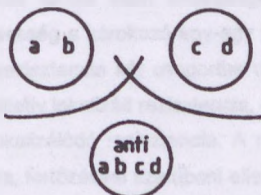
Rokon antigének



Sarkantyú-képződés

A vírusokhoz az antigén (antigén) és az ellenanyag (antibody) közötti reakciók vizsgálata. A vírusokhoz az antigén (antigén) és az ellenanyag (antibody) közötti reakciók vizsgálata. A vírusokhoz az antigén (antigén) és az ellenanyag (antibody) közötti reakciók vizsgálata.

Különböző antigének

Precipitációs csík  
kereszteződése

8. ábra. Virusizolátumok (ab, ac, ill. cd) összehasonlítása vírusantiszérumokkal (ab, abcd) [Meyer-Kahsnitz, 1993 után].

## 11. A VÍRUSOK ELLENI VÉDEKEZÉS

### 11.1. Hagyományos módszer

A vírusokkal, mint fertőző betegségekkel szembeni védekezés két csoportba osztható: (1) megelőzés (profilaxis) és (2) gyógyítás (terápia). A növényvírusokkal szemben preventív eljárások közül legnagyobb jelentősége van a rezisztenciára nemesítésnek (rezisztens fajták előállításának), a vírusmentes szaporítóanyagok használatának, a fertőzési források (gyomnövények), és a vírusátvitelben szerepet játszó vektorok elpusztításának, valamint a karantén rendszabályok betartásának.

A nemesítés évezredes tudatos emberi tevékenység, amelynek során valamely kedvező tulajdonságot homogén populációkban alakítanak ki. Erre a tradicionális nemesítésben két lehetőség van: (1) keresztezés, amely a mendeli öröklődés ismeretében a megfelelő szülőpárok kiválasztásán alapuló szexuális hibridizálás és (2) kiválogatás, amely megadott szempontok szerinti elkülönítést jelent.

A rezisztenciát a növényen meglevő természetes ellenálló képesség szerint csoportosíthatjuk aszerint, hogy a rezisztencia a kórokozó megtelepedése, vagy a betegség kialakulása ellen hat. Az így kialakított ellenálló képesség lehet nem specifikus (horizontális), ami egy adott kórokozó minden törzse ellen védeltséget ad, és lehet törzsspecifikus (vertikális), ahol az ellenálló képesség a kórokozó egy-egy törzsével szemben eredményes. A genetikailag ellenőrzött vírusrezisztencia két csoportba osztható: (1) a monogének vagy poligének által szabályozott kvalitatív lokalizált rezisztencia, és (2) a többnyire poligének által szabályozott kvantitatív, nem lokalizálódó rezisztencia. A nemesítés extrém rezisztenciára (immunitásra), hiperszenzitivitásra, fertőzéssel szembeni ellenálló képességre és toleranciára történhet.

Jelenlegi ismereteink szerint 101 vírusrezisztencia-gén ismert a *potyvirus*okkal és 24 gén a *cucumovirus*okkal szemben. A legtöbb ismert gént (25) a *Solanum*-fajokban írták le (10. táblázat).

10. táblázat. Burgonya vírusrezisztenciát szabályozó gének [Foxe, 1992 után].

| Vírus <sup>1</sup> | Rezisztencia típusa             | Gén                                                |
|--------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|
| BLSV               | intolerancia                    | <i>Nl</i>                                          |
| BYV                | lokális hiperszenzitivitás      | <i>Ny</i>                                          |
|                    | extrém rezisztencia (immunitás) | <i>Ry<sup>sto</sup></i><br><i>Ry<sup>adp</sup></i> |
| BXV                | lokális hiperszenzitivitás      | <i>Nx, Nb</i>                                      |
|                    | extrém rezisztencia (immunitás) | <i>Rx</i><br><i>Rx<sup>adp</sup></i>               |
| BSV                | lokális hiperszenzitivitás      | <i>Ns</i>                                          |
| BMV                | lokális hiperszenzitivitás      | <i>Na</i>                                          |
|                    | extrém rezisztencia (immunitás) | <i>Ry<sup>sto</sup></i>                            |
| DRV                | intolerancia                    | <i>Nt</i>                                          |

<sup>1</sup>BLSV = burgonya levélsodródás vírus, BYV = burgonya Y-vírus, BXV = burgonya X-vírus, BSV = burgonya S-vírus, BMV = burgonya M-vírus, DRV = dohány rattle vírus.

Újabban eredményeket értek el a gyenge, vagy gyengített vírustörzsek preimmunizálásával kapcsolatban. A keresztvédetség (cross protection) jelenség néven ismertté vált biológiai védekezés lényege az, hogy egy vírus gyenge, enyhe megbetegedést okozó törzse védelmet nyújt ugyanazon vírus súlyos betegséget előidéző törzsével szemben, és ez utóbbi vírus szaporodása is jelentősen csökken. Újabban jelentős, elsősorban elméleti eredményeket értek el a köpenyfehérje-génnel indukált rezisztencia kialakítása során. A szatellit RNS-ek, az értelmetlen (antiszensz) nukleinsavak és a defektív interferáló molekulák (DI molekulák) biotechnológiai alkalmazása a vírusok elleni védekezés tekintetében új tudományos próbálkozásnak tekinthető. A terápiai eljárások közül főképpen a hőterápiának és a regenerációs terápiának (merisztéma kultúra) van jelentősége. A növényvírusok – és általában a vírusok – elleni kemoterápiát (vírusellenes anyagok) igen nagy mértékben hátráltatja az a tény, hogy a vírusoknak nincs önálló anyagcseréjük, ezért az *in vivo* végzett kemoterápiák nemcsak a kórokozót, hanem a gazdasejtet is károsítják. Ennek ellenére egyes vírusellenes szerek (pl. Ribavirin, Tiazofurin, Pyrazofurin) tápoldatba adásával sikerült egyes vírusok (pl. burgonya X-vírus), burgonya S-vírus) szaporodását merisztéma kultúrában gátolni, vagy megszüntetni. Újabban metil-benzimidazol-2-yl-karbamat tartalmú gombaölő szerekkel is (pl. Benlate, Bartstin) sikerült egyes növényvírusok tünettan hatását mérsékelni.

## 11.2. Biotechnológiai módszerek

Az elmúlt évtized biológiai, biokémiai és molekuláris biológiai felfedezései egyre közelebb vitték az emberiséget ahhoz, hogy az egyes szervezetek működését ellenőrző géneket megismerjék és az adott keretek között szinte korlátlan módon megváltoztassák. A génszerkesztés ill. a génátültetés módszereinek felhasználásával forradalmi változások következtek be a mezőgazdaságban és a növényvédelemben is. Egyes vélemények szerint 1-2 évtized múlva a világ élelmezésében szerepet játszó 29 fő tápnövény 80%-a transzgénikus növény lesz. A tendenciára jellemző, hogy az Amerikai Egyesült Államokban 2154, Japánban 2055, Németországban 629 géntechnológiai úton előállított növényre jelentettek be szabadalmat. Mint ismert, a vírusbetegségek elleni védekezés leghatékonyabb módja a vírusmentes szaporítóanyag előállítása és a rezisztenciára történő nemesítés. A korszerű biotechnológiai módszerek alkalmazása mindkét területen igen sikeres és kifizetődő. 1987 és 1994 között az Amerikai Egyesült Államokban 1700 helyen végeztek szabadföldi kísérleteket transzgénikus növényekkel. A géntechnikailag megváltoztatott növények 30,6%-a herbicidrezisztens (toleráns), 20,8%-a rovarrezisztens, 13,6%-a vírusrezisztens, 2,8%-a gombarezisztens volt. Európában a transzgénikus növények közül a repcével, kukoricával, burgonyával, cukorrépával, paradicsommal és dohánnyal érték el a legjobb eredményeket.

Az Amerikai Egyesült Államokban 25 milliárd hektáron termesztett szója 1,6%-a transzgénikus növény, amely herbicidrezisztenciával rendelkezik. Napjainkra már több génszerkesztési úton előállított, engedélyezett növényfajtát hoztak forgalomba. Az európai piacon hímsteril (kukorica, olajrepcé), herbicid- és rovarrezisztens (dohány, szója, kukorica), valamint vírusrezisztens (burgonya, cukorrépa, dohány, paradicsom) fajták vannak. Az Egyesült Államokban nemrég került forgalomba a cukkini sárga mozaik vírussal és a görögdinnye mozaik vírussal szemben ellenálló transzgénikus tök (*Cucurbita pepo*). Bevezetés előtt állnak további rezisztens tök, dinnye, paradicsom és papayafajták. A biotechnológiai módszerekkel olcsóbban és rövidebb idő alatt lehet előállítani egy adott betegséggel szemben toleráns vagy rezisztens fajtát, mint a hagyományos „klasszikus” növénynemesítési eljárásokkal. Fontos azonban megállapítani, hogy a rezisztenciára nemesítés a modern és látványos eredményeket hozó módszerek bevonásával is csupán versenyfutás marad a növénynemesítő és a kórokozók újonnan megjelenő törzsei, biotípusai, vagy rasszai között.

Új, transzgénikus fajták termesztésbe vétele azonban bizonyos kockázatokkal is jár. Vírusellenálló növények esetében ezek sokkal kevésbé egészségügyi, mint inkább ökológiai jellegű kockázatok. Rendkívül fontos ezért az ilyen fajták kontrollált engedélyezése, és termesztésbe vétele. E rendelkezéseket Magyarországon a géntechnológiai tevékenységről szóló 1998. Évi XXVII. Törvény tartalmazza. Úgyszintén fontos feladat a nyilvánosság pontos tájékoztatása a biotechnológia eredményeiről a megalapozatlan félelmek eloszlátása érdekében (Deshayes, 1994; Balázs, 1997).

A növényi biotechnológia alkalmazása során a növényi sejt genetikai programjának megváltoztatására kerül sor. Az alkalmazott módszerek közül kiemeljük a (1) szomatikus hibridizációt, (2) a transzpozon mutagenézisen alapuló génizolálást, (3) a térképezésen alapuló génizolálást, (4) a köpenyfehérje génnel, (5) a replikáz génnel, (6) a mozgásfehérje génnel indukált rezisztenciát, (7) a szatellit RNS által, (8) a defektív interferáló RNS által közvetített rezisztenciát, (9) az egyéb növénypatogén mikroorganizmusok génjeivel közvetített rezisztenciát, (10) a riboszóma inaktíváló fehérjék és (11) a magasabb rendű állatok génjeivel indukált rezisztenciát. A rezisztencia gének beépítése a növényi genomba agrobaktériumos transzformálással, polietilén-glikollal és elektromos impulzussal történő DNS bevitellel, valamint biolisztikus géntranszfer módszerrel történhet.

## 12. A VÍRUSOK EREDETE

A vírusok eredete extrém alkalmazkodóképességük és gyors változékonyságuk miatt ma még ismeretlen, de számos lehetséges teória van arra vonatkozóan, hogy a növény- és állatvírusok közös eredetűek. Tekintettel arra, hogy a vírusok obligát sejtparaziták, ezért létezésük csak a sejtés élőlények megjelenésével együtt, vagy azok megjelenését követően képzelhető el, és mint genetikai szintű parazita, csak az élettől párhuzamos evolúciós múltra tekinthet vissza. Ezt bizonyítja az a tény is, hogy a jelenleg ismert növényvírus nemzetségből 43-nak (több, mint 80%) a genomja RNS, és leginkább (43) egyszálú RNS. Egyre több bizonyíték van arra, hogy a vírusok, vagy azok egy része a sejtől alakult ki úgy, hogy a sejtek hosszú időn át, egymást követő mutációk eredményeképpen elvesztették enzimrendszereiket és emiatt függő viszonyba kerültek egy másik sejttel szemben, amelynek enzimeit a reprodukcióhoz felhasználhatta. A sejtől történő származás elvét támogatja az, hogy például egyes pozitív szálú RNS-vírusok és az RNS-tartalmú bakteriofágok nukleinsava

inkább hasonlít a gazdasejthez, mint egymáshoz. Ismert az is, hogy a gazdasejtben szaporodó vírus-RNS molekulák és a gazdasejt nukleinsava között a riboszómakötő helyek számát tekintve hasonlóság van. A szomszédos nukleotid párok gyakoriságának vizsgálata során összefüggések mutathatók ki a vírus DNS és a sejt DNS szerkezete között. Az RNS-vírusok származásával kapcsolatos hipotézisek még bizonytalanabbak, ui. a vírus-RNS számos tulajdonságban eltér a sejt nukleáris RNS-étől. A vírus-RNS önreprodukáló molekulaként lényegesen eltér a sejt-RNS-eitől.

A vírusokban és a különböző élőlényekben a nukleinsavak kapcsolatai és kölcsönhatásai igen szorosak és sokrétűek. A vírusok evolúciójában a kapszidnak alapvető jelentősége van, ui. a fertőzés csakis a védett génállományú virion útján lehetséges. A vírusok evolúciója tehát az élet evolúciójával párhuzamos genetikai információ-evolúciónak az eredménye. Érdeemes megjegyezni, hogy morfológia, replikációs stratégia és vektortípusok alapján történő víruscsoportosítás valószínűleg tükrözi evolúciós kapcsolataikat, mivel a közös jegyek (tulajdonságok) azok, amelyeket a közös „őstől” örököltek. Az a tény, hogy kevés víruscsoportnak (nemzetségnek) van hasonló tulajdonság-együttese arra utal, hogy a különböző csoportoknak (nemzetségeknek) különböző az eredete. Ez azt jelenti, hogy a vírusok polifiletikus eredetűek. Az a tény, hogy az egyes víruscsoportok tagjai különböznek egymástól a gazdanövénykörben és a vektorokban arra utal, hogy a növényi vírusfajok létrejöttének oka (vagy eredménye) az új gazda- ill. vektorfajok megszerzése.

A vírusok evolúciójában kétséget kizáróan a mutáció, rekombináció és a gének újrendeződése (génkicserélődés) játszotta a legfontosabb szerepet

### 13. A VÍRUSOK RENDSZERTANA

A vírusokkal kapcsolatos kezdeti kutatások során megállapítást nyert, hogy a virionok fénymikroszkóppal nem láthatók, táptalajon nem tenyésztethetők és szűrhetők. A szűrhetőség volt az egyetlen olyan fiziko-kémiai tulajdonság, amelyből következtetni lehetett a vírus méretére. A legtöbb tanulmány ebben az időben a vírusok fertőzőképességével foglalkozott. Ezért a vírusok osztályozásának kezdeti próbálkozásai az általános patogén tulajdonságokat, ökológiai tulajdonságokat és az átvitel lehetőségeit vették figyelembe. A növényvírusok által előidézett tünetek (szimptómák) alapján csoportosították a vírusokat

(vulgáris nevezéktan). Az azonos tüneteket mutató vírusokat egy csoportba sorolták („mozaik vírusok”), ahova olyan vírusok tartoztak (pl. dohány mozaik vírus, karfiol mozaik vírus), amelyekről ma már tudjuk, hogy tulajdonságaikban teljesen eltérnek egymástól. A vulgáris nevezéktan később az ún. számkatalogizáló nevezéktan váltotta fel. A számkatalogizáló nevezéktan sem vitte előbbre a fejlődést és lényegében alig jelentett változást a vulgáris nevezéktanhoz képest. A számkatalogizáló nevezéktanra jellemző, hogy a vírust a fő gazdanövény vulgáris (pl. tobacco = dohány), vagy latin genusznevével (pl. *Nicotiana*) és a vírus szóhoz csatolt számmal jelölte (pl. tobacco vírus 1 vagy *Nicotiana* vírus 1).

A számkatalogizáló nevezéktan később egy újabb nomenklatúra-rendszer váltotta fel, illetve egészítette ki. Ez az új nevezéktan csak annyiban tért el a számkatalogizáló nevezéktantól, hogy azt még a vírus egy speciális tulajdonságával egészítette ki. Így pl. a tobacco vírus 1, illetve *Nicotiana* vírus 1 az új nevezéktan alapján a nagyfokú hőtoleranciája miatt a *Nicotiana virus altathermus* nevet kapta. Az 1930-as évek végén egy újabb rendszert dolgoztak ki. A kettős nevet használó, vagy binominális nomenklatúra az élő szervezetek elnevezéséhez hasonlóan nemzetség és faj nevet használ. Az elnevezések alapját azonban ebben a rendszerben is a fő gazdanövényeken okozott tünetek képviselik. A mozaik típusú betegségeket a binominális rendszer pl. „*Marmor*” néven csoportosította és a tobacco mosaic vírust *Marmor tabaci* névvel jelölte.

A növénypatogén vírusok fenti elvek alapján történt elnevezése egyre inkább tarthatatlanná vált. Bebizonyosodott ti., hogy a vírusok által előidézett szimptómák még ugyanabban a gazdanövényben is eltérőek lehetnek, amelyet a külső környezeti feltételek is lényegesen befolyásolhatnak, továbbá ugyanahhoz a vírusfajhoz tartozó különböző törzsek szimptomatológiailag ugyanabban a gazdanövényben eltérően viselkedhetnek. A fő szimptómákra alapozott vírusnevezéktan tehát nem bizonyulhatott véglegesnek, ezért azt javasolta, hogy a vírusok csoportosítására a virion tulajdonságai a legalkalmasabbak. Ennek figyelembevételére alapján született meg a növénypatogén vírusok újabb csoportosítása, amelynek alapját a pálcika alakú vírusok, ill. a fonal alakú vírusok képezték. A pálcika ill. a fonal alakú vírusokat hat csoportba sorolták, és mindegyik csoportot egy-egy jól ismert, reprezentatív vírusról nevezték el: (1) dohány rattle vírus csoport, (2) dohány mozaik vírus csoport, (3) burgonya X-vírus csoport, (4) burgonya S-vírus csoport, (5) burgonya Y-vírus csoport és (6) répa sárgaság vírus csoport.

Az Ideiglenes Vírus Nomenklatúra Bizottság 1966-ban újabb ajánlatokat terjesztett elő: (1) az állatok, növények és baktériumok vírusait egyetlen törzsben (Vira) kell csoportosítani, (2) a törzset altörzsekbe, osztályokba, rendekbe, családokba, nemzetségekbe és fajokba kell beosztani, (3) a nemzetségeknek latin, vagy latinos nevet kell adni „virus” szóvégződéssel. Mindegyik nemzetséget egy jól ismert, autentikus fajjal kell tipizálni. A típusfajt nemzetközi kultúra-kollekcióban kell fenntartani, (4) minden családot egy típusnemzetségről kell elnevezni, amelyhez az „idae” toldalékszócskát kell csatolni, (5) a kódban ne legyen elsőbbségi jog, (5) olyan hagyományos névjegyzéket kell használni, amelyben fenntartják a közhasználatban levő vírusneveket, (7) személyek neveivel, anagrammákkal, betűjelzésekkel, hibridnevekkel, vagy értelmetlen nevekkel megjelölt taxonok nem fogadhatók el, és (8) az elfogadható új neveket jogi bizottság útján a Nemzetközi Nomenklatúra Bizottság hagyja jóvá.

A jelenlegi univerzális vírustaxonómiai rendszer az alábbi négy kritériumra épül: (1) a vírusgenom típusa, (2) a vírusgenom egy- vagy kétszálúsága, (3) a fordított transzkripció (átírás) lehetősége, (4) a vírusgenom polaritása.

### Vírusrendek

A vírusrend a víruscsaládok csoportjából áll. A vírusrendeket a *-virales* képző (rag) fejezi ki. A növénypatogén vírusok jelenlegi ismereteink szerint két rendbe (*Mononegavirales*, *Nidovirales*) sorolhatók.

### Víruscsaládok és alcsaládok

A víruscsaládok a vírusnemzetségek csoportjából állnak; közös tulajdonságokkal rendelkeznek és megkülönböztethetők más víruscsaládok tagjaitól. A víruscsaládokat a *-viridae* képző (rag) fejezi ki, pl. *Potyviridae*, ahova több vírusfaj is tartozik (burgonya Y-vírus = potato Y *potyvirus*). A víruscsaládok nagy része különbözik a virion morfológiájában, a genom-struktúrában, a replikációs stratégiában stb. Négy családban (*Poxviridae*, *Herpesviridae*, *Parvoviridae* és *Paramyxoviridae*) ún. alcsaládok bevezetésére került sor, amelyek jelölésére a *-virinae* képzőt használják, pl. *Alphaherpesvirinae*.

## Vírusnemzetségek

A vírusnemzetségek a vírusfajok csoportjából állnak; közös tulajdonságaik vannak és különböznek más nemzetségek vírustagjaitól. A vírusnemzetségeket a *-virus* képző (rag) fejezi ki, pl. *Polyvirus*.

A vírusnemzetségek vírusfajaira egyaránt az alábbiak jellemzőek: (1) a vírusrészecskék szerkezete azonos, összetételük nagyon hasonló, (2) a genom stratégiája hasonló, (3) ökológiai életciklusuk hasonló, (4) eltérnek természetes és mesterséges gazdanövénykörükben, (5) eltérnek a gazdanövényeiken okozott tünetekben (szimptómákban), (6) eltérnek vektoraikban.

## Vírusfajok

Az osztályozásban a legfontosabb hierarchikus szint a *vírusfaj*, amelyet 1991-ben az ICTV elfogadott.

## Vírustörzsek

A gazdanövénykör és a tünetek nem taxonomiai értékűek. Ennek ellenére, ha két vírusfaj virulenciában különbözik egymástól, de gazdanövénykör tekintetében nem, akkor azok minden valószínűséggel ugyanazon vírus különböző törzseinek tekintendők.

## Vírusizolátumok

Egy vírusfaj gazdanövényköre és a gazdanövényeken létrehozott tünetek a vírusok igen változó tulajdonságainak tekintendők. Ugyanis ismert, hogy akár egyetlen nukleotid megváltozás (mutáció) megváltoztathatja az izolátum virulenciáját. Tehát, ha két vírusizolátumnak ugyanaz a gazdanövényköre és azokon ugyanazokat a tüneteket idézi elő, akkor feltehetően ugyanannak a vírusnak az izolátumairól van szó. Ez a következtetés annál meggyőzőbb, minél több gazdanövényre terjed ki a fenti megállapítás.

## 14. A NÖVÉNYVÍRUSOK OSZTÁLYOZÁSA

A vírusok fejlődéstörténeti rokonsága még nem tisztázott, csak egyes részletei ismertek, ezért egységes osztályozásuk nehézségekbe ütközik. Tekintettel arra, hogy a vírusok egy része (pl. *rhabdovirusok*), növényekben és rovarokban is szaporodik, ezért a gazdák szerinti osztályozás tudományos szempontból nem elfogadható. Ennek ellenére a könnyebb áttekinthetőség, valamint számos alapvető ismeret hiánya miatt a vírusokat gyakorlati szempontból az alábbiak szerint csoportosíthatjuk: (21) növény-, (2) ember-, (3) állat-, (4) rovar-, (5) baktérium-, (6) gomba-, (7) alga- és (8) fitoplazma vírusok. A növényeket (primer gazdákat) fertőző vírusok kétszálu dezoxiribonukleinsav-tartalmú vírusokra (dsDNA = 2DNS) és egyszálu dezoxiribonukleinsav-tartalmú vírusokra (ssDNA = 1DNS), valamint egyszálu ribonukleinsav-tartalmú (ssRNA = 1RNS) és kétszálu ribonukleinsav-tartalmú vírusokra (dsRNA = 1RNS) csoportosíthatók.

Az egyszálu RNS vírusok (ssRNA=1RNS) tovább csoportosíthatók negatív (-) értelmű [ssRNA(-)] és pozitív (+) értelmű [ssRNA(+)] vírusokra. A negatív (-) jelölés azt fejezi ki, hogy a negatív szálu vírusok esetében szükség van egy kiegészítő szál szintézisére is, mielőtt a transzláció megindulna. A pozitív (+) jelölés azt fejezi ki, hogy a vírus-RNS hírvivő (messenger) RNS-ként viselkedik, ami arra utal, hogy sejtmentes transzlációs rendszerekben közvetlenül képes fehérjék átírására.

A Nemzetközi Vírustaxonómiai Bizottság által jóváhagyott vírusrendszer 2 vírusrendet, 14 víruscsaládot és 56 vírusnemzetséget foglal magába (11. táblázat). Az egyes vírusnemzetségekre jellemző tulajdonságok (nukleinsav, morfológia, vektorok, vírusátviteli tulajdonságok és típus vírusfajok) összefoglalása a 12. táblázatban található meg.

11. táblázat. A Nemzetközi Vírustaxonómiai Bizottság által újonnan jóváhagyott vírusrendszer [Horváth, 1999 után].

| Egyszálu DNS-vírusok | Vírusrend | Víruscsalád   | Vírusnemzetség     | Típus tag neve                   |
|----------------------|-----------|---------------|--------------------|----------------------------------|
|                      |           | Geminiviridae | <i>Begomovirus</i> | Bab aranyárga mozaik vírus       |
|                      |           |               | <i>Curtovirus</i>  | Répa levélcúcs fodorosodás vírus |

|                                              |                 |                |                                        |                                     |
|----------------------------------------------|-----------------|----------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
|                                              |                 |                | <i>Mastrevirus</i>                     | Kukorica csikosság vírus            |
| DNS és RNS fordított transzkripciójú vírusok |                 | Caulimoviridae | <i>Badnavirus</i>                      | Commelina sárga foltosság vírus     |
|                                              |                 |                | <i>Caulimovirus</i>                    | Karfiol mozaik vírus                |
|                                              |                 |                | „Cassava vein mottle-like viruses”     | Cassava érfoltosság vírus           |
|                                              |                 |                | „Legume-infecting viruses”             | Szójabab klorotikus foltosság vírus |
|                                              |                 |                | „Rice tungro bacilliform-like viruses” | Rizs tungro bacillus alakú vírus    |
| Kétszálú DNS-vírusok                         |                 | Reoviridae     | <i>Fijivirus</i>                       | Fiji betegség vírus                 |
|                                              |                 |                | <i>Oryzavirus</i>                      | Rizs érdes törpülés vírus           |
|                                              |                 |                | <i>Phytoreovirus</i>                   | Here sebtumor vírus                 |
|                                              |                 | Partitiviridae | <i>Alphacryptovirus</i>                | Fehérhere rejtett vírus 1           |
|                                              |                 |                | <i>Betacryptovirus</i>                 | Fehérhere rejtett vírus 2           |
| Negatív szálú RNS-vírusok                    | Mononegavirales | Rhabdoviridae  | <i>Cytorhabdovirus</i>                 | Saláta nekrotikus sárgaság vírus    |
|                                              |                 |                | <i>Nucleorhabdovirus</i>               | Burgonya sárga törpülés vírus       |
|                                              |                 | Arenaviridae   | <i>Tenuivirus</i>                      | Rizs csikosság vírus                |
|                                              |                 | Bunyaviridae   | <i>Tospovirus</i>                      | Paradicsom bronzfoltosság vírus     |
| Pozitív szálú RNS-vírusok                    | Nidovirales     | Bamaviridae    | <i>Benyvirus</i>                       | Répa nekrotikus sárgaerűség vírus   |
|                                              |                 |                | <i>Capillovirus</i>                    | Alma törzsbarázdáltság vírus        |
|                                              |                 |                | <i>Carlavirus</i>                      | Szegfű látens vírus                 |
|                                              |                 |                | <i>Enamovirus</i>                      | Borsó enációs mozaik vírus          |
|                                              |                 |                | <i>Furovirus</i>                       | Búza talajlakó mozaik vírus         |
|                                              |                 |                | <i>Hordeivirus</i>                     | Árpa csíkos mozaik vírus            |

|                 |                      |                                      |
|-----------------|----------------------|--------------------------------------|
|                 | <i>Idaeovirus</i>    | Málna bokros törpülés vírus          |
|                 | <i>Luteovirus</i>    | Árpa sárga törpülés vírus            |
|                 | <i>Marafivirus</i>   | Kukorica finom csíkozottság vírus    |
|                 | <i>Peculovirus</i>   | Földimogyoró bokrosodás vírus        |
|                 | <i>Pomovirus</i>     | Burgonya szártörpülés vírus          |
|                 | <i>Potexvirus</i>    | Burgonya X-vírus                     |
|                 | <i>Sobemovirus</i>   | Bab déli mozaik vírus                |
|                 | <i>Tobamovirus</i>   | Dohány mozaik vírus                  |
|                 | <i>Tobravirus</i>    | Dohány rattle vírus                  |
|                 | <i>Trichovirus</i>   | Alma klorotikus levélfoltosság vírus |
|                 | <i>Tymovirus</i>     | Tarlórépa sárga mozaik vírus         |
|                 | <i>Umbravirus</i>    | Sárgarépa foltosság vírus            |
|                 | <i>Vitivirus</i>     | Szőlő A-vírus                        |
| Bromoviridae    | <i>Alfamovirus</i>   | Lucerna mozaik vírus                 |
|                 | <i>Bromovirus</i>    | Rozsnok mozaik vírus                 |
|                 | <i>Cucumovirus</i>   | Uborka mozaik vírus                  |
|                 | <i>Ilarvirus</i>     | Dohány csíkoság vírus                |
|                 | <i>Olaevirus</i>     | Olajfa látens vírus 2                |
| Closteroviridae | <i>Closterovirus</i> | Répa sárgaság vírus                  |
|                 | <i>Crinivirus</i>    | Saláta fertőző sárgaság vírus        |
| Comoviridae     | <i>Comovirus</i>     | Tehénborsó mozaik vírus              |
|                 | <i>Fabavirus</i>     | Lóbab heradás vírus                  |
|                 | <i>Nepovirus</i>     | Dohány gyűrűsfoltosság vírus         |
| Potyviridae     | <i>Bymovirus</i>     | Árpa sárga mozaik vírus              |
|                 | <i>Potyvirus</i>     | Burgonya Y-vírus                     |

|               |  |                      |                                     |
|---------------|--|----------------------|-------------------------------------|
|               |  | <i>Rymovirus</i>     | Angolperje mozaik vírus)            |
| Sequiviridae  |  | <i>Sequivirus</i>    | Pasztemák sárga foltosság vírus     |
|               |  | <i>Waikavirus</i>    | Rizs tungro szférikus vírus         |
| Tombusviridae |  | <i>Carmovirus</i>    | Szegfű foltosság vírus              |
|               |  | <i>Dianthovirus</i>  | Szegfű gyűrűsfoltosság vírus        |
|               |  | <i>Machlomovirus</i> | Kukorica klorotikus foltosság vírus |
|               |  | <i>Necrovirus</i>    | Dohány nekrosis vírus               |
|               |  | <i>Tombusvirus</i>   | Paradicsom bokros törpülés vírus    |

12. táblázat. Nővénytápatogén vírusnemdztstsgk és típus tagjainak fontosabb tulajdonságai [Horváth, 1999 után].

| Vírus-<br>nemdztstsgk                          | Nukleinsav <sup>2</sup> |              | Morfológia             | Vektor/átvitel <sup>3</sup> | Típus tag magyar<br>(angol) neve <sup>4</sup> |
|------------------------------------------------|-------------------------|--------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|
|                                                | típus                   | konfiguráció |                        |                             |                                               |
| <i>Alfamovirus</i>                             | ssRNS                   | lineáris     | bacillus               | A/Me, S, P                  | Lucerna mozaik vírus                          |
| <i>Alphacryptovirus</i>                        | dsRNS                   | lineáris     | izometrikus            | Nk, 2/Me, S                 | Fehérhere rejtett vírus 1                     |
| <i>Badnavirus</i>                              | dsDNS                   | cirkuláris   | bacillus               | M, L, H, 2/-                | Commelina sárga foltosság vírus               |
| <i>Begomovirus</i>                             | ssDNS                   | cirkuláris   | izometrikus (gemini)   | T/Me(?)                     | Bab aranyásárga mozaik vírus                  |
| <i>Benyvirus</i>                               | ssRNS                   | lineáris     | pálcika                | F/Me                        | Répa nekrotikus sárgaerűség vírus             |
| <i>Betacryptovirus</i>                         | dsRNS                   | lineáris     | izometrikus            | Nk, 2/S                     | Fehérhere rejtett vírus 2                     |
| <i>Bromovirus</i>                              | ssRNS                   | lineáris     | izometrikus            | A(?), N(?) / Me             | Rozsnok mozaik vírus                          |
| <i>Bymovirus</i>                               | ssRNS                   | lineáris     | fonál                  | F/Me                        | Árpa sárga mozaik vírus                       |
| <i>Capillivirus</i>                            | ssRNS                   | lineáris     | fonál                  | Nk, 2/Me, S                 | Alma törzsbarázdáltság vírus                  |
| <i>Carlavirus</i>                              | ssRNS                   | lineáris     | pálcika                | A/Me(?)                     | Szegfű látens vírus                           |
| <i>Carmovirus</i>                              | ssRNS                   | lineáris     | izometrikus            | F, B, 2/Me                  | Szegfű foltosság vírus                        |
| <i>"Cassava vein mottle-<br/>like viruses"</i> | dsDNS                   | cirkuláris   | izometrikus            | -/Me                        | Cassava érfoltosság vírus                     |
| <i>Caulimovirus</i>                            | dsDNS                   | cirkuláris   | izometrikus            | A/Me                        | Karfiol mozaik vírus                          |
| <i>Closterovirus</i>                           | ssRNS                   | lineáris     | fonál                  | A, M/Me(?)                  | Répa sárgaság vírus                           |
| <i>Cornovirus</i>                              | ssRNS                   | lineáris     | izometrikus            | B/Me, S                     | Tehénborsó mozaik vírus                       |
| <i>Crinivirus</i>                              | ssRNS                   | lineáris     | fonál                  | W/Me(?)                     | Saláta fertőző sárgaság vírus                 |
| <i>Cucumovirus</i>                             | ssRNS                   | lineáris     | izometrikus            | A/Me, S                     | Uborka mozaik vírus                           |
| <i>Curtovirus</i>                              | ssDNS                   | cirkuláris   | izometrikus (gemini)   | LH/Me(?), Cu(?)             | Répa levélsűcs fodrosodás vírus               |
| <i>Cytorhabdovirus</i>                         | ssRNS                   | lineáris     | lövédék                | A, L/H/Me                   | Saláta nekrotikus sárgaság vírus              |
| <i>Dianthovirus</i>                            | ssRNS                   | lineáris     | izometrikus            | N(?) / Me                   | Szegfű gyűrűsfoltosság vírus                  |
| <i>Enamovirus</i>                              | ssRNS                   | lineáris     | izometrikus            | A/Me, S(?)                  | Borsó enációs mozaik vírus                    |
| <i>Fabavirus</i>                               | ssRNS                   | lineáris     | izometrikus            | A/Me                        | Lóbab hervadás vírus                          |
| <i>Fijivirus</i>                               | dsRNS                   | lineáris     | izometrikus            | LH/Me(?)                    | Fiji betegség vírus                           |
| <i>Furovirus</i>                               | ssRNS                   | lineáris     | pálcika                | F/Me                        | Búza talajlakó mozaik vírus                   |
| <i>Hordeivirus</i>                             | ssRNS                   | lineáris     | pálcika                | Nk, 2/Me, S, P              | Árpa csikos mozaik vírus                      |
| <i>Idaeovirus</i>                              | ssRNS                   | lineáris     | izometrikus            | NK, 2/Me, S, P(?)           | Málna bokros törpülés vírus                   |
| <i>Ilarvirus</i>                               | ssRNS                   | lineáris     | izometrikus (bacillus) | T/Me, S, P                  | Dohány csikosság vírus                        |

| „Legume-infecting viruses“             | dsDNS | cirkuláris | izometrikus          | -Me                    | Szójabab klorotikus foltosság vírus                                       |
|----------------------------------------|-------|------------|----------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <i>Luteovirus</i>                      | ssRNS | lineáris   | izometrikus          | A/-                    | Árpa sárga törpülés vírus                                                 |
| <i>Machlomovirus</i>                   | ssRNS | lineáris   | izometrikus          | B, T/Me, S             | Kukorica klorotikus foltosság vírus                                       |
| <i>Macluravirus</i>                    | ssRNS | lineáris   | fonál                | A/Me                   | Maclura mozaik vírus                                                      |
| <i>Marafivirus</i>                     | ssRNS | lineáris   | izometrikus          | LH/-                   | Kukorica finom csíkozottság vírus                                         |
| <i>Mastrevirus</i>                     | ssDNS | cirkuláris | izometrikus (gemini) | LH/-                   | Kukorica csíkoság vírus                                                   |
| <i>Nanavirus</i>                       | ssDNS | cirkuláris | izometrikus          | A/-                    | Lóbab nekrotikus sárgaság vírus                                           |
| <i>Necrovirus</i>                      | ssRNS | lineáris   | izometrikus          | F/Me                   | Dohány nekrotízis vírus                                                   |
| <i>Nepovirus</i>                       | ssRNS | lineáris   | izometrikus          | N, A(?) T(?) /Me, S, P | Dohány gyűrűsfoltosság vírus                                              |
| <i>Nucleorhabdovirus</i>               | ssRNS | lineáris   | bacillus (övedék)    | A, L/Me                | Burgonya sárga törpülés vírus                                             |
| <i>Oleavirus</i>                       | ssRNS | lineáris   | izometrikus          | ?/Me                   | Olajfa látens vírus 2                                                     |
| <i>Oryzavirus</i>                      | dsRNS | lineáris   | izometrikus          | LH/-                   | Rizs érdes törpülés vírus                                                 |
| <i>Oumivavirus</i>                     | ssRNS | lineáris   | bacillus             | NK, 2/Me, S, P         | Dínnye ourmia vírus                                                       |
| <i>Peclivirus</i>                      | ssRNS | lineáris   | pálca                | F/Me, S                | Földmogyoró bokrosodás vírus                                              |
| <i>Phytoreovirus</i>                   | dsRNS | lineáris   | izometrikus          | LH/-                   | Here sebtumor vírus                                                       |
| <i>Pomovirus</i>                       | ssRNS | lineáris   | pálca                | F/Me                   | Burgonya szártörpülés vírus                                               |
| <i>Potexvirus</i>                      | ssRNS | lineáris   | fonál                | M, A, 2/Me             | Burgonya X-vírus                                                          |
| <i>Potyvirus</i>                       | ssRNS | lineáris   | fonál                | A/Me                   | Burgonya Y-vírus                                                          |
| <i>Rymovirus</i>                       | ssRNS | lineáris   | fonál                | M/Me                   | Angolperje mozaik vírus                                                   |
| „Rice tungro bacilliform-like viruses“ | dsDNS | cirkuláris | bacillus             | LH/-                   | Rizs tungro bacillus alakú vírus                                          |
| <i>Sequivirus</i>                      | ssRNS | lineáris   | izometrikus          | A/Me                   | Paszternák sárga foltosság vírus                                          |
| <i>Sobemovirus</i>                     | ssRNS | lineáris   | izometrikus          | A, L, H, B/Me, S, P    | Bab déli mozaik vírus                                                     |
| <i>Tenuivirus</i>                      | ssRNS | lineáris   | amorf                | LH/Me(?)               | Rizs csíkoság vírus                                                       |
| <i>Tobamovirus</i>                     | ssRNS | lineáris   | pálca                | NK, 2/Me, S            | Dohány mozaik vírus                                                       |
| <i>Tobravirus</i>                      | ssRNS | lineáris   | pálca                | N/Me, S                | Dohány rattle vírus                                                       |
| <i>Tombusvirus</i>                     | ssRNS | lineáris   | izometrikus          | F, B, 2/Me, S(?), P(?) | Paradicsom bokros törpülés vírus                                          |
| <i>Trichovirus</i>                     | ssRNS | lineáris   | fonál                | M/Me(?)                | Alma klorotikus levelefoltosság vírus                                     |
| <i>Tospovirus</i>                      | ssRNS | lineáris   | izometrikus          | T/Me                   | Paradicsom foltos hervadási vírus (syn.: paradicsom bronzfoltosság vírus) |
| <i>Tymovirus</i>                       | ssRNS | lineáris   | izometrikus          | B/Me, S                | Tarlórépa sárga mozaik vírus                                              |
| <i>Umbravirus</i>                      | ssRNS | lineáris   | nem ismert           | A/Me                   | Sárgarépa foltosság vírus                                                 |

|  | dsRNS | lineáris | pálcika     | E/Me | Dohány satnyulási vírus     |
|--|-------|----------|-------------|------|-----------------------------|
|  | ssRNS | lineáris | fonál       | M/Me | Szőlő A-vírus               |
|  | ssRNS | lineáris | izometrikus | LH/- | Rizs tungro szférikus vírus |

<sup>1</sup>ss = egyszálú

<sup>2</sup>ds = kétszálú

<sup>3</sup>A számlálóban a vektorra, a nevezőben az egyéb átviteli lehetőségekre (különös tekintettel a típus vírusfajra) vonatkozó adatok vannak feltüntetve. Számlálóban: A = levéltetvek, B = bogarak, F = gombák, LH = kabocák, M = vándor pajzstetvek, MI = atkák, N = fonálféreg, Nk = nem ismert, T = tripszek, W = fehérlegyek, - = a típus vírusfaj vektora ismeretlen (aláhúzva), ? = a típus vírusfaj vektora ismeretlen (aláhúzva), (?) = a vektor bizonytalan, vagy vektorral és egyéb átviteli módszerrel történő terjedés bizonytalan (esetleg csak speciális eljárással lehetséges). Nevezőben: Ou = *Cuscuta* spp., Me = mechanikai átvitel, P = virágpor, S = magvak, - = az oltással történő átvitel kivételével egyéb terjedés nem ismert.

<sup>4</sup>A *Nanavirus* nemzetség típus tagja nincs definiálva. A lóbab nekrotikus sárgaság vírus az öt *nanavirus* egyik tagja (Brunt et al., 1996).

## 15. A NÖVÉNYEK VÍRUSBETEGSÉGEI

### 15.1. Szántóföldi növények

#### Búza:

Búza csíkos mozaik vírus

Búza törpülés vírus

#### Árpa:

Árpa csíkos mozaik vírus

Rozsnok mozaik vírus

Árpa sárga törpülés vírus

#### Zab:

Zab magtalan törpülés vírus

Zab mozaik vírus

Zab kék törpülés vírus

#### Rizs:

Árpa sárga törpülés vírus

Rizs törpülés vírus

#### Kukorica:

Kukorica csíkos mozaik vírus (syn.: kukorica törpülés mozaik vírus)

Curkornád mozaik vírus

Kukorica satnyaság spiroplazma

A gabona- és kukoricapatogén vírusok fontosabb tulajdonságait és diagnosztikai lehetőségeit a 13. táblázatban foglaltuk össze.

13. táblázat. A gabona- és kukoricapatogén vírusok tulajdonságai [Horváth, 1995 táján].

| Vírus neve <sup>1</sup> | Átvitel <sup>2</sup> |   |   |   |    |   |    |    | Diagnosztika <sup>3</sup> |   |    | A vírion alakja és mérete  |
|-------------------------|----------------------|---|---|---|----|---|----|----|---------------------------|---|----|----------------------------|
|                         | M                    | L | K | F | La | G | Ma | Po | Sz                        | V | Tn |                            |
| BCsM                    | +                    |   |   |   | +  |   |    |    | +                         | + | +  | Fonál (700 x 15 nm)        |
| BTV                     |                      |   | + |   |    |   |    |    | +                         | + |    | Iker (gemini) (30 x 20 nm) |
| ÁCsMV                   | +                    |   |   |   |    |   | +  | +  | +                         |   | +  | Pálcika (130 x 20 nm)      |
| ÁSTV                    |                      | + |   |   |    |   |    |    | +                         | + |    | Izometrikus (20 – 40 nm)   |
| ZMTV                    |                      |   | + |   |    |   |    |    | +                         | + | +  | Izometrikus (65 – 70 nm)   |
| ZMV                     | ?                    |   |   |   |    | ? |    |    |                           |   | +  | Fonál (600 – 750 x 12 nm)  |
| ZKTV                    |                      |   | + |   |    |   |    |    |                           | + |    | Izometrikus (28 – 30 nm)   |
| RTV                     |                      |   | + |   |    |   |    |    | +                         | + |    | Izometrikus (70 nm)        |
| KCsMV                   | +                    | + |   |   |    |   | +  |    |                           |   |    | Pálcika (750x 13 nm)       |
| RMV                     | +                    |   |   | + |    |   |    |    | +                         | + | +  | Izometrikus (28 nm)        |

<sup>1</sup>BCsM = búza csíkos mozaik, BTV = búza törpülés, ÁCsMV = árpa csíkos mozaik, ÁSTV = árpa sárga törpülés, ZMTV = zab magtalan törpülés, ZMV = zab mozaik, ZKTV = zab kék törpülés, RTV = rizs törpülés, KCsMV = kukorica csíkos mozaik, RMV = rozsok mozaik vírus.

<sup>2</sup>M = mechanikai, L = levéltetű, K = kabóca, F = fonálféreg, La = levélatka, G = gomba, Ma = mag, Po = pollen.

<sup>3</sup>Sz = szerológia, V = vektor, Tn = tesztnövény.

Napraforgó:

Uborka mozaik vírus

Dohány csíkosság vírus

Burgonya:

Burgonya levélsodródás vírus

Burgonya Y-vírus

Burgonya X-vírus

Burgonya A-vírus

Dohány rattle vírus

Burgonya M-vírus

Burgonya S-vírus

Burgonya aukuba mozaik vírus

Burgonya andeszi látens vírus

A burgonyát fertőző vírusok fontosabb tulajdonságait a 14. táblázat tartalmazza. A burgonyán a vírusok közül még jelentős lehet a levéltetvekkel terjedő lucerna mozaik vírus és a kabócákkal terjedő sztolbur fitoplazma, valamint a burgonyamaggal terjedő burgonya orsósgumójúság viroid.

Cukorrépa:

Répa mozaik vírus

Répa nekrotikus sárgaerűség vírus

Répa sárgaság vírus

A cukorrépa-patogén vírus közül igen jelentős a répa nekrotikus sárgaerűség vírus, amely az ún. rizómánia betegséget idézi elő. Talajban élő gombával (*Polymyxa betae*) terjed. Az említett másik két vírus terjesztésében a levéltetvek játszanak fontos szerepet (*Aphis fabae*).

Repcse:

Uborka mozaik vírus

Tarlórépa mozaik vírus

Levéltetvekkel (*Myzus persicae*) terjednek. A repcét fertőzheti még a here törpülés fitoplazma, amely kabócákkal terjed.

14. táblázat. A burgonyapatogén vírusok fontosabb tulajdonságai [Horváth, 1995 után].

| Vírus neve <sup>1</sup> | Átvitel <sup>2</sup> |   |   |   | Szerológia | Tesztnövények                     | A virion alakja és mérete |
|-------------------------|----------------------|---|---|---|------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                         | M                    | L | F | G |            |                                   |                           |
| BLSV                    |                      | + |   |   | +          | <i>Physalis floridana</i>         | Izometrikus (24 nm)       |
| BYV                     | +                    | + |   |   | +          | <i>Nicotiana tabacum</i>          | Fonál (730 x 11 nm)       |
| BXV                     | +                    |   |   | + | +          | <i>Gomphrena globosa</i>          | Fonál (515 x 13 nm)       |
| BAV                     | +                    | + |   |   | +          | <i>Solanum demissum</i> A6-hibrid | Fonál (730 – 15 nm)       |
| DRV                     | +                    |   | + |   | +          | <i>Nicotiana clevelandii</i>      | Pálcika (45 – 190 nm)     |
| BMV                     | +                    | + |   |   | +          | <i>Solanum rostratum</i>          | Fonál (651x 15 nm)        |
| BSV                     | +                    | + |   |   | +          | <i>Nicotiana debneyi</i>          | Fonál (657 x 15 nm)       |
| BAMV                    | +                    | + |   |   | +          | <i>Capsicum annuum</i>            | Fonál (586 x 13 nm)       |
| BALV                    | +                    |   |   |   | +          | <i>Nicotiana glauca</i>           | Izometrikus (25 – 30 nm)  |

<sup>1</sup>BLSV = burgonya levélsodródás, BYV = burgonya Y, BXV = burgonya X, BAV = burgonya A, DRV = dohány ratle, BMV = burgonya M, BSV = burgonya S, BAMV = burgonya aukuba mozaik, BALV = burgonya (andeszi) látens vírus.

<sup>2</sup>M = mechanikai, L = levéltetű, F = fonálféreg, G = gomba.

Dohány:

Dohány gyűrűsfoltosság vírus

Dohány nekrosis vírus

Dohány rattle vírus

Dohány mozaik vírus

A dohány gyűrűsfoltosság vírus *Xiphinema* spp., a dohány rattle vírus *Trichodorus* spp. fonálférgekkel, a dohány nekrosis vírus talajban élő gombákkal (*Olpidium brassicae*) terjed. A dohány mozaik vírus növényi szövetnedvvel könnyen átvihető, igen toleráns vírus a környezeti hatásokkal szemben. Burgonyagumóval történő átvitelét igazoltuk.

Lucerna és vörös here:

Lucerna mozaik vírus

Here virágelzöldülés fitoplazma

A lucerna mozaik vírus levéltetvekkel, a here virágelzöldülés fitoplazma kabócákkal terjed.

Borsó:

Borsó enációs mozaik vírus

Borsó közönséges mozaik vírus

Borsó levélsodródás vírus

Borsó maggal átvihető mozaik vírus

Bab:

Bab közönséges mozaik vírus

Bab sárga mozaik vírus

Uborka mozaik vírus

Szója:

Szója mozaik vírus

Lóbab:

Tehénborsó levéltetvekkel átvihető mozaik vírus

A fenti hüvelyes növények vírusainak átvitelében elsősorban a levéltetveknek van nagy jelentősége. Figyelemre méltó a fertőzött növények magjával terjedő bab közösleges mozaik vírus, az uborka mozaik vírus és a szója mozaik vírus.

## 15.2. Kertészeti és zöldségnövények

### Paprika:

Dohány mozaik vírus  
Burgonya Y-vírus  
Uborka mozaik vírus  
Lucerna mozaik vírus  
Paradicsom bronzfoltosság vírus

### Paradicsom:

Paradicsom mozaik vírus  
Paradicsom bronzfoltosság vírus  
Burgonya Y-vírus  
Burgonya X-vírus  
Paradicsom magtalanság vírus  
Paradicsom fekete gyűrűs vírus

### Kabakosok (uborka, tök, cukkini):

Uborka mozaik vírus  
Görögdinnye mozaik vírus  
Cukkini sárga mozaik vírus  
Uborka zöldfoltosság mozaik vírus

### Hagymafélék:

Hagyma sárga törpülés vírus  
Hagyma mozaik vírus

### Levélzöldségek (saláta, spenót, káposzta):

Saláta mozaik vírus  
Uborka mozaik vírus  
Saláta érvastagodás vírus

Káposzta fekete gyűrűsfoltosság vírus

Tarlórépa mozaik vírus

Karfiol mozaik vírus

Ernyősvirágzatúak (zeller, sárgarépa):

Zeller mozaik vírus

Uborka mozaik vírus

A kertészeti és zöldségnövényeket fertőző vírusok fontosabb tulajdonságait a 15. táblázatban foglaltuk össze.

### 15.3. Szőlő

Arabis mozaik vírus

Szőlő magyar sárga mozaik vírus

Paradicsom gyűrűsfoltosság vírus

Szőlő bulgáriai látens vírus

Szőlő enációs vírus

Szőlő páfránylevelűség vírus

Nevezett vírusok poliedrikus partikulumokkal rendelkeznek (ún. NEPO-vírusok) és fonálférgekkel terjednek.

Lucerna mozaik vírus

Szőlő levélsodródás vírus

A lucerna mozaik vírus levéltetvekkel, a szőlő levélsodródás vírus vándorpajzstetvekkel (*Pseudococcus* spp.) terjed.

16. táblázat. A kerteszteti és zöldségnövényeket fertőző vírusok fontosabb tulajdonságai [Horváth, 1998 eredeti].

| Vírus neve <sup>1</sup> | Átvitel <sup>2</sup> |   |   |   |    |   |    | A virion alakja és mérete   |
|-------------------------|----------------------|---|---|---|----|---|----|-----------------------------|
|                         | M                    | L | F | T | Ma | G | Po |                             |
| DMV                     | +                    |   |   |   | +  |   |    | Pálcika (300 x 18 nm)       |
| BYV                     | +                    | + |   |   |    |   |    | Fonál (740 x 13 nm)         |
| UMV                     | +                    | + |   |   | +  |   |    | Izometrikus (28 – 30 nm)    |
| LMV                     | +                    | + |   |   | +  |   |    | Bacilus (30 – 56 x 18 nm)   |
| PBFV                    | +                    |   |   | + |    |   |    | Izometrikus (70 – 90 nm)    |
| PMV                     | +                    |   |   |   | +  |   |    | Pálcika (300 x 18 nm)       |
| BXV                     | +                    |   |   |   |    | + |    | Fonál (515 x 13 nm)         |
| PMaV                    | +                    | + |   |   |    |   |    | Izometrikus (25 – 30 nm)    |
| PFGV                    | +                    |   | + |   | +  |   | +  | Izometrikus (30 nm)         |
| GMV                     | +                    |   |   |   |    |   |    | Fonál (760 – 780 x 12 nm)   |
| CSMV                    | +                    | + |   |   |    |   |    | Fonál (750 x 11 nm)         |
| UZFMV                   | +                    |   |   |   |    |   |    | Pálcika (280 – 300 x 15 nm) |
| HSTV                    | +                    | + |   |   |    |   |    | Fonál (772 x 16 nm)         |
| HMV                     | +                    | + |   |   |    |   |    | Izometrikus (200 nm)        |

|       |   |   |  |  |   |   |  |                          |
|-------|---|---|--|--|---|---|--|--------------------------|
| SMV   | + | + |  |  | + |   |  | Fonál (747 x 15 nm)      |
| SÉV   |   |   |  |  |   | + |  | Pálcika (250 nm)         |
| KFGyV | + | + |  |  |   |   |  | Fonál (754 – 13 nm)      |
| TaMV  | + | + |  |  |   |   |  | Fonál (754 x 13 nm)      |
| KMV   | + | + |  |  |   |   |  | Izometrikus (50 nm)      |
| ZMV   | + | + |  |  |   |   |  | Fonál (750 x 12 – 15 nm) |

<sup>1</sup>DMV = dohány mozaik, BYV = burgonya Y, UMV = uborka mozaik, LMV = lucerna mozaik, PBFV = paradicsom bronzfoltosság, PMV = paradicsom mozaik, BXV = burgonya X, PMaV = paradicsom magtalanság, PFGyV = paradicsom fekete gyűrűs, GMV = görögdiñnye mozaik, CSMV = cukkini sárga mozaik, UZFMV = uborka zöldfoltosság mozaik, HSTV = hagyma sárga törpülés, HIMV = hagyma mozaik, SMV = saláta mozaik, SÉV = saláta érvastagodás, KFGyV = káposzta fekete gyűrűsfoltosság, TaMV = Tarlórépa mozaik, KMV = karfiol mozaik, ZMV = zeller mozaik vírus.

<sup>2</sup>M = Mechanikai, L = levéltetű, F = fonálféreg, T = tripsz, Ma = mag, G = gomba, Po = pollen (virágpor).

## 15.4. Gyümölcsfák

### Csonthéjasok (szilva, kajszi, őszibarack):

Szilva himlő vírus

Prunus nekrotikus gyűrűsfoltosság vírus

Cseresznye levélsodródás vírus

### Alma:

Alma mozaik vírus

Alma klorotikus levélfoltosság vírus

Alma törzsgöndörödés vírus

### Körte:

Körte kövecsesedés vírus

A gyümölcsfák vírusbetegségei közül a legjelentősebb vírusbetegséget a szilva himlő vírus idézi elő. A vírus 50 éve ismert Magyarországon. Levéltetvekkel könnyen terjed, de maggal és pollennel történő terjedése is ismert. Sajnos a központi törzsültetvények is vírussal fertőztek. A vírusfertőzöttség súlyosságára mutat, hogy 1986-ban a Sasad Mg. Tsz. oltványiskolájában 17.881 db szilva- és kajszioltványt kellett betegség miatt megsemmisíteni. A Prunus nekrotikus gyűrűsfoltosság vírus – amely oltással, maggal és pollennel terjed – cseresznyén, őszibarackon és kajsziabarackon gyakran 80-100%-ban fordul elő. A törzsfák hatósági szerológiai vizsgálatának köszönhető, hogy a betegség visszaszorult. A cseresznye levélsodródás vírus fertőzöttség főleg diótermő területeinken fordul elő. Fonálféreggel, maggal és pollennel történő terjedése miatt igen veszélyes viruskórokozó. A *Juglans nigra* alanyon álló oltványdiók 6-8 év között teljesen elpusztulnak, ha a fákát vírushordozás éri. Az alma mozaik vírus (vektorokkal és pollennel nem terjed) jelentősége háttérbe szorult. A gyümölcsfák vírusfertőzöttségének súlyosságát növeli, hogy igen sok esetben a fellépő betegségek víruskomplexekre vezethetők vissza.

## 15.5. Dísznövények

### *Aristolochia* spp.:

Uborka mozaik vírus

Arabis mozaik vírus

*Buddleia* spp.:

Uborka mozaik vírus

Lucerna mozaik vírus

*Caryopteris* spp.:

Uborka mozaik vírus

Paradicsom fekete gyűrűsfoltosság vírus

Lucerna mozaik vírus

*Magnolia* spp.:

Uborka mozaik vírus

*Paulownia* spp.:

Uborka mozaik vírus

*Forsythia* spp.:

Arabis mozaik vírus

*Hydrangea* spp.:

Paradicsom fekete gyűrűsfoltosság vírus

*Spiraea* spp.:

Arabis mozaik vírus

*Rosa* spp.:

Cseresznye nekrotikus gyűrűsfoltosság vírus

*Tulip* spp.:

Tulipán színtörés vírus

*Tropaeolum* spp.:

Lóbab hervadás vírus

*Syringa* spp.:

Arabis mozaik vírus

*Petunia* spp.:

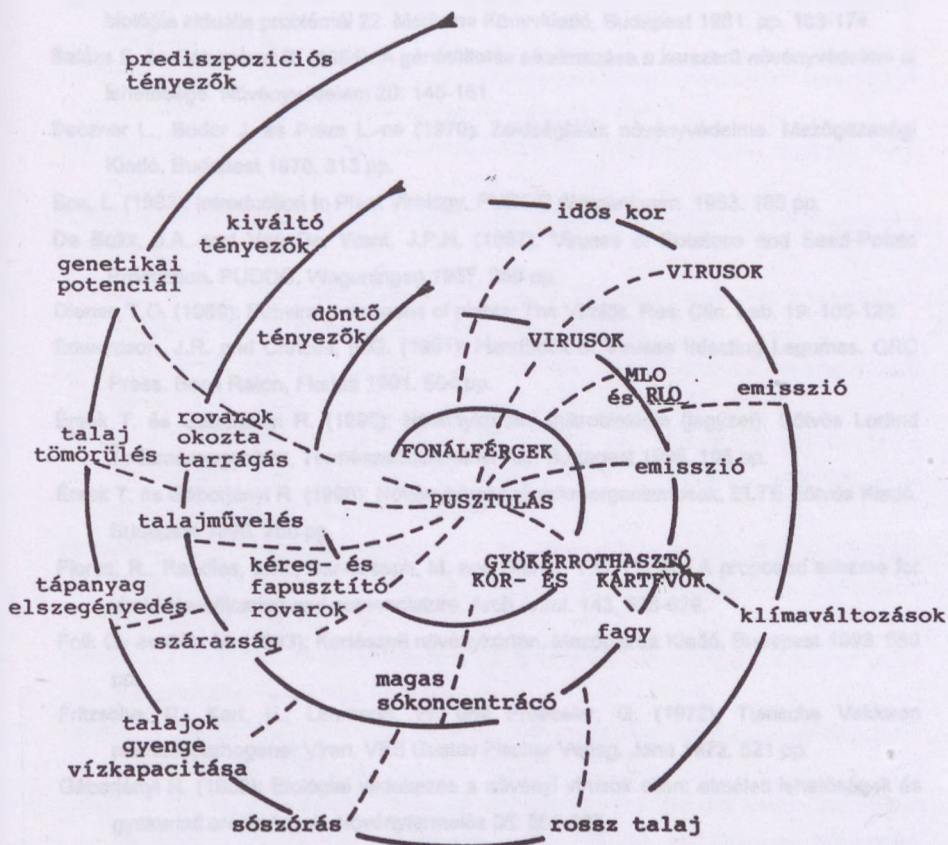
Dohány mozaik vírus

Burgonya Y-vírus

A dísznövényeket fertőző vírusok rendszertanilag a legkülönbözőbb víruscsaládokba és -nemzetségekbe tartoznak. Mechanikailag és levéltetvekkel könnyen átvihetők, de vannak közöttük fonálférgekkel is átvihető vírusok (pl. Arabis mozaik vírus).

### 15.6. Erdei fák

Az elmúlt években igen jelentős mértékben figyelték meg az erdei fák megbetegedését, és sok esetben a nagy területekre kiterjedő erdőpusztulást. Az erdőpusztulásban kétségtelen, hogy sok kedvezőtlen tényező játszik szerepet, de a vírusok és fitoplazmák szerepe is kétséget kizáróan bebizonyosodott. Az ún. „erdőpusztulási spirál” (9. ábra) számos olyan predispozíciós tényezőt sorol fel, amelyek közvetlen, vagy közvetve az erdei fák leromlását idézik elő. Az elmúlt években 21 erdei növényfajban 13 vírust sikerült izolálnunk, és 18 növény vírusfertőzöttségének megállapítása folyamatban van. Az eddig izolált vírusok biológiai tulajdonságai igen nagy változatosságot mutatnak. A leggyakrabban előforduló vírusok a *Cucumo*-, *Tobamo*-, *Nepo*-, *Carla*-, *Ilar*-, *Tymo*- és a *Fabavirus* nemzetségbe tartoznak, amelyek főleg levéltetvekkel és fonálférgekkel terjednek.



9. ábra. Erdőpusztulási spirál. MLO = fitoplazma-szerű, RLO = rickettsia-szerű szervezetek [Nienhaus, 1985 után].

## AJÁNLOTT IRODALOM

- Balázs E. (1981): A növényi vírusok új csoportja: a viroidok. *In*: Csaba Gy. (szerk.), A biológia aktuális problémái 22. Medicina Könyvkiadó, Budapest 1981. pp. 153-174.
- Balázs E. és Gáborjányi R. (1984): A génátültetés alkalmazása a korszerű növényvédelem új lehetősége. *Növényvédelem* 20: 145-151.
- Beczner L., Bodor J. és Paizs L.-né (1970): Zöldségfélék növényvédelme. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 1970. 313 pp.
- Bos, L. (1983): Introduction to Plant Virology. PUDOC., Wageningen 1983. 160 pp.
- De Bokx, J.A. and Van Der Want, J.P.H. (1987): Viruses of Potatoes and Seed-Potato Production. PUDOC, Wageningen 1987. 259 pp.
- Diener, T.O. (1989): Subviral pathogens of plants: The Viroids. *Res. Clin. Lab.* 19: 105-128.
- Edwardson, J.R. and Christie, R.G. (1991): Handbook of Viruses Infecting Legumes. CRC Press, Boca Raton, Florida 1991. 504 pp.
- Érsek T. és Gáborjányi R. (1995): Növénykórtani mikrobiológia (jegyzet): Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar. Budapest 1995. 195 pp.
- Érsek T. és Gáborjányi R. (1998): Növénykórokozó mikroorganizmusok. ELTE Eötvös Kiadó. Budapest 1998. 288 pp.
- Flores, R., Randles, J.W., Bar-Joseph, M. and Diener, T.O. (1998): A proposed scheme for viroid classification and nomenclature. *Arch. Virol.* 143, 623-629.
- Folk Gy és Glits M. (1993): Kertészeti növénykórtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest 1993. 560 pp.
- Fritzsche, R., Karl, E., Lehmann, W. und Proeseler, G. (1972): Tierische Vektoren pflanzenpathogener Viren. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena 1972. 521 pp.
- Gáborjányi R. (1986): Biológiai védekezés a növényi vírusok ellen: elméleti lehetőségek és gyakorlati eredmények. *Növénytermelés* 35: 561-567.
- Gáborjányi R. (1990): A gabonafélék vírusbetegségei, gabonavírusok. Akadémiai Doktori Ért., Budapest 1990.
- Gáborjányi R. (1991): Bevezetés a növényvirológiába. JATE Press, Szeged 1991. 101 pp.
- Gáborjányi R. (1996): Növénykórtani mikrobiológia. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest 1996. 170 pp.
- Gáborjányi R. és Tóbiás I. (1986): A növényi vírusok elleni kémiai védekezés lehetőségei: Indukált antivirális anyagok és kemoterápiás szerek. *Növénytermelés* 35: 341-350.
- Glits M., Horváth J., Kuroli G. és Petróczi I. (1997): Növényvédelem. Mezőgazda Kiadó, Budapest 1997. 601 pp.

- Grunewaldt-Stöcker, E. und Nienhaus, F. (1978): Mykoplasma-ähnliche Organismen als Krankheitserreger in Pflanzen. Acta Phytomedica. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg 1978. 115 pp.
- Harris, K.F. and Maramorosch, K. (1980): Vectors of Plant Pathogens. Academic Press, New York 1980. 467 pp.
- Horváth J. (1970): A sárgaság-típusú növénybetegségeket okozó mikoplazmák tulajdonságai és a növényi mikoplazmózisok. Növénytermelés 19: 327-337.
- Horváth J. (1972): Növényvírusok, vektorok, vírusátvitel. Akadémiai Kiadó, Budapest 1972. 515 pp.
- Horváth J. (1973): Spiroplasma: Új típusú növénypatogén mikroorganizmus. Növénytermelés 22: 365-371.
- Horváth J. (1974): Újabb adatok a mikoplazmák és mikoplazmózisok tulajdonságairól és előfordulásáról. A Növényvéd. Korszerűsítése 8: 103-148.
- Horváth J. (1975): Rickettsia: Új típusú növénypatogén mikroorganizmus. Növénytermelés 24: 175-179.
- Horváth, J. (1983): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. XVIII. Concluding remarks. Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung. 18: 121-161.
- Horváth J. (1984): Burgonyagécenctrumok: A rezisztenciagének és víruspatogének forrásai. In: Csaba Gy. (szerk.) A biológia aktuális problémái. 30. Medicina Könyvkiadó, Budapest 1984. pp. 153-185.
- Horváth, J. (1985): A check-list of new host plants for identification and separation of twelve potato viruses. Potato Res. 28: 71-89.
- Horváth, J. (1988): Potato gene centres, wild *Solanum* species, viruses and aphid vectors. Acta Phytopath. et Entomol. Hung. 23: 423-448.
- Horváth J. (1990a): A magyarországi burgonyatermesztés virológiai problémái: Eredmények és kudarcok fél évszázados története, a jövő kilátásai. VII. Országos Növényvéd. Agrokémiai Tanácskozás (Szántóföldi Növényterm.). Budapest 1990. pp. 83-108.
- Horváth J. (1990b): A burgonyavírus-kutatás helyzete Magyarországon: Múlt, jelen, jövő. Burgonyatermesztés 2: 36-66.
- Horváth J. (1993a): Host Plants in Diagnosis. In: R.E.F. Matthews (eds.), Diagnosis of Plant Virus Diseases. CRC Press, Boca Raton, Florida 1993. p. 15-47.
- Horváth, J. (1993b): Részletes növénykórtan. I. Szántóföldi növények betegségei. Egyetemi jegyzet. PATE, Keszthely 1993. 325 pp.
- Horváth J. (1995): Szántóföldi növények betegségei. Mezőgazda Kiadó, Budapest 1995. 328 pp.

- Horváth J. és Gáborjányi R. (1990): A magyar növényvirológia helyzete, problémái és a fejlesztés irányai. *Növényvédelem* 26: 193-206.
- Horváth J. és Gáborjányi R. (1999): *Növényvírusok és virológiai vizsgálati módszerek.* Mezőgazda Kiadó, Budapest 1999.
- Horváth, J., Lehoczky, J. Németh, M. Salamon, P. and Kobza, S. (1994): Virus-like diseases of woody plants in Hungary. *Acta Phytopath. et Entomol.* 29: 129-136.
- Hosford, R.M. (1967): Transmission of plant viruses by dodder. *Bot. Rev.* 33, 387-406.
- Jones, A.T. (1993a): Experimental transmission of viruses in diagnosis. *In: Matthews, R.E.F:* (ed.), *Diagnosis of Plant Virus Diseases.* CRC Press, Boca Raton 1993. pp. 49-72.
- Jones, A.T. (1993b): Virus transmission through soil and by soil-inhabiting organisms in diagnosis. *In: Matthews, R.E.F. (ed.), Diagnosis of Plant Virus Disases.* CRC Press, Boca Raton 1993. pp. 73-99.
- Klinkowski, M. (1977) *Pflanzliche Virologie.* Band 2-4. Akademie Verlag, Berlin 1977. 434 pp., 389 pp., 528 pp.
- Klinkowski, M. (1980): *Pflanzliche Virologie.* Band 1. Einführung in die allgemeinen Problemen. Akademie Verlag, Berlin 1980. 658 pp.
- Lamberti, F., Taylor, C.E. and Seinhorst, J.W. (1974): *Nematode Vectors of Plant Viruses.* Plenum Press, London and New York 1974. 460 pp.
- Loebenstein, G., Lawson, R.H. and Brunt, A.A. (1995): *Virus and Virus-like Diseases of Bulb and Flower Crops.* John Wiley and Sons, Chichester 1995. 541 pp.
- Maramorosch, K. and Koprowski, H. (1967): *Methods in Virology.* Vol. I., Academic Press, New York and London 1967. 640 pp.
- Maramorosch, K. and Harris, K.F. (1979): *Leafhopper Vectors and Plant Disease Agents.* Academic Press, New York 1979. 654 pp.
- Matthews, R.E.F. (1991): *Plant Virology.* 3<sup>rd</sup> ed., Academic Press, New York 1991. 835 pp.
- Mayer-Kahsnitz, S. (1993): *Angewandte Pflanzenvirologie.* B. Thalacker Verlag, Braunschweig 1993. 218 pp.
- Mayo, M.A. (1996): Recent revision of the rules of virus classification and nomenclature. *Arch. Virol.* 141, 2479-2484.
- Mayo, M.A. and Pringle, C.R. (1998): Virus taxonomy – 1997. *J. Gen. Virology* 79, 649-657.
- Milne, R.G. (1993): Electron microscopy of *in vitro* preparations. *In: Matthews, R.E.F. (ed.),* *Diagnosis of Plant Virus Diseases.* CRC Press, Boca Raton 1993. pp. 215-251.
- Mink, G.I. (1993): Pollen- and seed-transmitted viruses and viroids. *Ann. Rev. Phytopath.* 31, 375-402.
- Murphy, F.A., Fauquet, C.M., Bishop, D.H.L., Ghabrial, S.A., Jarvis, A.W., Martelli, G.P., Mayo, M.A. and Summers, M.D. (1995): *Virus Taxonomy. Classification and Nomenclature of Viruses.* Springer Verlag, Wien and New York 1995. 586 pp.

- Nász I. (1985): A vírusok biológiája. In: Csaba, Gy. (szerk.), A biológia aktuális problémái. Medicina Kiadó, Budapest 1975. pp. 9-67.
- Németh, M. (1986): Virus, Mycoplasma and Rickettsie Diseases of Fruit Trees. Akadémiai Kiadó, Budapest 1986. 841 pp.
- Nielson, M.W. (1968): The Leafhopper Vectors of Phytopathogenic Viruses (Homoptera, Cicadellidae) Taxonomy, Biology and Virus Transmission. USDA Techn. Bull. 1382: 1-386.
- Nienhaus, F. (1985): Viren, Mykoplasmen und Rickettsien. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1985. 264 pp.
- Noordam, D. (1973): Identification of Plant Viruses. Methods and Experiments. PUDOC., Wageningen 1973. 207 pp.
- Pringle, C.R. (1998): The universal system of virus taxonomy of the International Committee on Virus Taxonomy (ICTV), including new proposals ratified since publication of the Sixth ICTV Report in 1995. Arch. Virol. 142/1, 203-208.
- Raski, D.J. and Hewitt, W.B. (1967): Nematode transmission. In: Maramorosch, K. and Koprowski, H. (eds.), Methods in Virology. Vol. I. Academic Press, New York 1967. pp. 309-345.
- Semancik, J.S. (1987): Viroids és Viroid-like Pathogens. CRC Press, Boca Raton, 1987.
- Schmidt, H.E. (1994): Samenübertragbare Viren bei Gemüsekulturen. Vortr. Pflanzenzüchtung 29, 109-136.
- Schmelzer, K., Schmidt, H.E. und Wolf, P. (1980): Virologisches Praktikum. Allgemeines, Übertragung, Nachweis. In: Klinkowski, M. (ed.), Pflanzliche Virologie. Band 1., Einführung in die allgemeinen Probleme. Akademie Verlag, Berlin 1980. pp. 531-610.
- Seemüller, E., Marcone, C., Lauer, U., Ragazzino, A. and Göschl, M. (1998): Current status of molecular classification of the phytoplasmas. J. Plant Pathol. 80, 3-26.
- Smith, I.M., McNamara, D.G., Scott, P.R. and Holderness, M. (1997): Quarantine Pests for Europe. CAB International, Wallingford 1997. 1425 pp.
- Spaar, D. und Kleinhempel, H. (1985): Bekämpfung von Viruskrankheiten der Kulturpflanzen. VEB Deutscher Landw.-Verlag, Berlin 1985. 440 pp.
- Szepessy I. (1977): Növénybetegségek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 1977. 446 pp.
- Teakle, D.S. (1967): Fungus transmission of plant viruses. In: Maramorosch, K. and Koprowski, H. (eds.), Methods in Virology. Vol. I. Academic Press, New York 1967. pp. 369-391.
- V. Németh M. (1979): Gyümölcsfák vírusos, mikoplazmás és rickettsiás betegségei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 1979. 629 pp.