

*Marek S. Szyn del*

*Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

## **Mniej znane sposoby rozprzestrzeniania się wirusów roślin — występowanie wirusów w wodach powierzchniowych i atmosferze**

**Słowa kluczowe:** wirusy roślin, przenoszenie, wirusy przenoszone z wodą, wirusy przenoszone przez powietrze

### **Wstęp**

Wirusy roślin jako czynniki chorobotwórcze przenoszone są z roślin chorych na rośliny zdrowe głównie przez wektory (owady o aparacie gębowym kłująco-ssącym: mszyce, skoczki, wciornastki, mączliki, a z pajęczaków — roztocze, zaś z robaków obłych — nicienie). Wirusy przenoszone są także mechanicznie z sokiem roślin, przez zarodniki grzybów, zwłaszcza zoospory, przez pasożytnicze rośliny nasienne lub przez pyłek roślin. W epidemiologii niektórych chorób wirusowych uwzględnia się także tak zwane przenoszenie wirusów przez glebę (ang. soil-borne viruses). Zalicza się tutaj wirusy, o których wiadomo, iż przenoszą się w glebie bez udziału jakichkolwiek wektorów [29].

Badania ostatnich piętnastu lat wykazały, że cząstki wirusów roślin mogą występować i jednocześnie zachowywać infekcyjność w środowisku wodnym: w wodach gruntowych, ale i powierzchniowych, takich jak: rzeki, jeziora, stawy, strumienie i potoki [6, 10, 14, 18, 21, 28, 36, 37, 38, 46, 48, 49]. Wykrywano wirusy w kanałach, rowach melioracyjnych, uprawach hydroponicznych, a nawet w oczyszczanych ściekach komunalnych [5, 8, 20, 22, 32, 39, 43]. Infekcyjne cząstki izolowano z mgły i pary wodnej pochodzącej z procesów transpiracji i gutacji, a unoszącej się nad łanami roślin. Wiriony znajdowano w chmurach i w prądach powietrznych wysoko ponad chmurami [2, 7, 11].

## Wirusy roślin w środowisku wodnym

W różnych wodach powierzchniowych zidentyfikowano 38 gatunków wirusów roślin należących do 16 rodzajów (tab. 1). Rodzaje wirusów w tabeli uporządkowano według częstotliwości ich wykrywania w wodach. Warto zwrócić uwagę na grupę wirusów, które są w stanie porażać rośliny, ale tak bardzo różnią się od typowych gatunków opisanych na roślinach, że Międzynarodowy Komitet Taksonomii Wirusów — ICTV [30] uznał je za odrębne gatunki (tab. 2). Dla tych gatunków nie udało się ustalić naturalnych roślin żywicieli i dlatego w wirusologii określa się je mianem „sierocych wirusów” [19, 21]. Wirusy roślin izolowane były z rzek i jezior na prawie wszystkich kontynentach [46], a w Europie wykrywano je w tak dużych rzekach, jak Dunaj, Ren, Tamiza czy Ankara [10, 28, 38, 46, 48]. Wirus pstrości goździka — carnation mottle carmovirus CaMV — znaleziony był w Morzu Bałtyckim, a wirus gwiazdzistej mozaiki petunii — petunia asteroid mosaic tombusvirus PAMV — w wodach Morza Północnego [12, 23]. Warto może podkreślić, że zaskakująco duże ilości infekcyjnych wirusów roślin izolowano zarówno z agrosystemów, jak i z rejonów uprzemysłowionych, a także terenów leśnych, a nawet gór wysokich [4, 6, 14, 20, 22, 26, 37].

Najczęściej wykrywane w wodach wirusy (z rodzajów *Tobamo-*, *Tombus-*, *Carmo-*, *Diantho-* i *Potexvirus*), choć przynależą do różnych rodzajów, posiadają wiele

**Tabela 1.** Wirusy roślin izolowane z wód powierzchniowych [1, 4–6, 8, 10, 12–14, 18–23, 26, 28, 32, 33, 36–39, 41, 43, 46, 48, 49]

Rodzaj wirusa	Liczba zidentyfikowanych gatunków wirusów
<i>Tobamovirus</i>	4
<i>Tombusvirus</i>	8
<i>Carmovirus</i>	3
<i>Dianthovirus</i>	1
<i>Furovirus</i>	1
<i>Potexvirus</i>	2
<i>Necrovirus</i>	2
<i>Cucumovirus</i>	1
<i>Tobravirus</i>	1
<i>Bromovirus</i>	1
<i>Nepovirus</i>	1
<i>Cytorhabdovirus</i>	1
<i>Alfamovirus</i>	1
<i>Potyvirus</i>	7
<i>Carlavirus</i>	3
<i>Luteovirus</i>	1

**Tabela 2.** Wyizolowane z rzek wirusy nie posiadające naturalnych roślin żywicielskich [30]

Wirusy uznane przez ICTV za odrębne gatunki	Wirusy uznane tymczasowo za odrębne gatunki
Lato river tombusvirus	Sieg river tobamovirus
Neckar river tombusvirus	Aller river tobamovirus
Sikte water-borne tombusvirus	Havel river tombusvirus
Weddel water-borne carmovirus	Sieg potexvirus
Ahlum water-borne carmovirus	

wspólnych cech. Z reguły są to wirusy bardzo stabilne, posiadające szeroki zakres roślin żywicieli, w których osiągają bardzo wysokie koncentracje. Są to wirusy łatwo przenoszone w sposób mechaniczny z sokiem roślin i przeważnie nie posiadają wektorów. Wirusy te mogą być uwalniane do gleby przez nieuszkodzone korzenie porażonych systemicznie roślin i mogą bez pomocy wektorów porażać z gleby korzenie zdrowych roślin [21].

### **Metody używane do izolacji wirusów z wody**

Duże próbki wody (powyżej 50 l) poddaje się filtrowaniu na filtrach adsorpcyjnych (np. Zeta Plus 60) i ultrafiltrowaniu (Amicon CH4), a otrzymane filtry ultrawiruje się [46]. Próbki o mniejszych objętościach (100–1000 ml), z reguły bez filtrowania, poddaje się wirowaniu i ultrawirowaniu [21, 43, 48]. Czasami wystarcza jedynie zagęszczenie próbek wirowaniem niskooobrotowym i wykorzystanie pelletu, ponieważ wirusy roślin często są adsorbowane do różnych nieorganicznych i organicznych substancji albo występują we fragmentach rozkładających się tkanek, przez co są łatwo strącane [36]. Należy podkreślić, że zawsze tego typu badania wymagają zachowania szczególnych środków ostrożności zabezpieczających przed nadmiernym zagęszczeniem różnych ludzkich i zwierzęcych czynników chorobotwórczych [41]. Zagęszczone preparaty z wody wykorzystuje się jako inokulum w testach biologicznych. Większość izolowanych wirusów wykrywano biologicznie na roślinach *Chenopodium quinoa* i *Ch. murale* oraz *Nicotiana clevelandii* i *N. glutinosa*. Są to gatunki roślin wskaźnikowych porażanych przez największą liczbę wirusów. Wszelkie dalsze badania identyfikacyjno-porównawcze prowadzi się na preparatach z soku porażonych roślin wskaźnikowych metodami standardowymi — zarówno klasycznymi, jak i molekularnymi [18].

W 1995 roku na zjeździe Amerykańskiego Towarzystwa Fitopatologicznego w Pittsburghu, PA, USA chyba największą liczbę wirusologów zgromadził referat dr. J.D. Castello o występowaniu i przenoszeniu wirusa mozaiki pomidora — tomato mosaic tobamovirus ToMV — we mgie i w chmurach. Jak stwierdził na wstępie sam prelegent, wszystkich najbardziej ciekawiło, jak pobierane były próbki do badań. Otóż testowane na obecność ToMV sadzonki świerka *Picea rubens* wysadzano w izolowa-

nych pojemnikach, w wolnej od wirusa glebie, w górach Adirondack (White Mountain) NY., USA. Doświadczenia założono na wysokości znajdującej się już w strefie niskich chmur oraz w kotlinach, gdzie przez sporą część dnia zalegały mgły. Duża ilość wysadzonych sadzonek po 3 latach badań okazała się być porażona przez ToMV [11]. W późniejszych pracach próbki z chmur pobierano także za pomocą kolektora do badań atmosferycznych, umieszczonego w górach już poza granicą lasów [7].

## Formy występowania wirusów w wodach

---

Uważa się, że większość wirusów patogenicznych dla ludzi i zwierząt nie występuje w wodach w postaci „wolnej”, a raczej jako agregaty cząstek często adsorbowane do różnych stałych substancji, np. minerały ilaste, klastyczne (kwarc), resztki organiczne, komórki bakterii lub glony. Podobnie jest zapewne z wirusami roślin [3, 25]. Wykazano, że agregacja wirionów i ich adsorpcja do różnych frakcji gleby wyraźnie wpływa na zachowanie infekcyjności wirusów nawet tak nietrwałych, jak wirus mozaiki ogórka — cucumber mosaic cucumovirus CMV [34]. Największe znaczenie miały koloidalne frakcje glinokrzemianów, poniżej 2  $\mu\text{m}$ , takich jak: montmorylonit, kaolinit, haloizyt [35]. Tombuswirusy adsorbowane do koloidów glebowych (iły drobne i koloidalne) były bardziej odporne na ekstremalne temperatury i zachowywały infekcyjność w glebie dwa razy dłużej niż w soku. Podobnie zabezpieczająco na wirusy działały resztki roślinne. Na przykład wirus nekrozy tytoniu — tobacco necrosis necrovirus TNV — był inaktywowany w glebie po 24 godzinach, zaś w resztkach roślinnych w glebie był wykrywany jeszcze po 130 dniach. Podobnie przenoszone z glebą tobamowirusy dużo dłużej zachowywały infekcyjność, gdy były związane z resztkami roślinnymi [16, 24, 27, 42]. Oczywiście zdolność adsorpcji wirusów do różnych związków występujących w wodach powierzchniowych jest różna dla różnych wirusów i zależy od wielu środowiskowych warunków, np. od stopnia zamulenia, zasolenia, kwasowości wody lub chemicznego zanieczyszczenia wód. Jednak wydaje się, iż w warunkach naturalnych ciągle występują procesy adsorpcji, desorpcji i ponownej adsorpcji wirusów [3].

## Źródła zanieczyszczeń wód powierzchniowych przez wirusy roślin

---

Uważa się, że wirusy roślin znajdujące w wodach pochodzą głównie z trzech źródeł:

- wirusy uwalniane z nieuszkodzonych (i bez nekroz) korzeni porażonych roślin,
- wirusy wydostające się z zamierających roślin,
- wirusy występujące w ściekach komunalnych i rowach melioracyjnych.

Liczne wirusy, z takich rodzajów jak: *Tombus-*, *Sobemo-*, *Tobamo-*, *Necro-*, *Tobra-* i *Dianthovirus* mogą być uwalniane do gleby i wody gruntowej z nieuszkodzonych korzeni i mogą przez dłuższy czas przebywać poza komórką rośliny żywiciela [8, 15, 16, 18, 32, 42, 50]. Zjawisko to obserwowano także w uprawach bezglebowych — w hydroponice. Porażone, choć nieuszkodzone rośliny, rosnące w pobliżu zbiorników wodnych, mogą być więc źródłem wirusów w wodach powierzchniowych.

Natomiast od dawna wiadomo, że resztki roślin pomidorów porażonych przez wirus mozaiki pomidora ToMV lub ogórków porażonych przez wirus zielonej pstrej mozaiki ogórka — cucumber green mottle mosaic tobamovirus CGMMV, były źródłem infekcji dla następnych upraw. Podobnie z kompostowanych resztek warzyw czy roślin ozdobnych mogą być przez długi okres (6–9 miesięcy) stopniowo uwalniane i wypłukiwane infekcyjne cząstki wirusów [8, 24].

Udowodniono także, że ścieki mogą być bardzo wydajnym źródłem wirusów w wodach. Szlam otrzymywany z oczyszczalni ścieków i wykorzystywany do użyźniania gleby zawierał duże ilości wirusów z rodzajów *Tombus-* i *Tabamovirus* [46, 47]. Wykazano doświadczalnie, że niektóre wirusy, np. wirus krzaczastej karłowatości pomidora — tomato bushy stunt tombusvirus TBSV, wirus mozaiki lucerny — alfalfa mosaic alfamovirus AMV, wirus pasiastej mozaiki jęczmienia — barley stripe mosaic hordeivirus BSM, wirus mozaiki stokłosa — brome mosaic bromovirus BMV, wirus kędzierzawki tytoniu — tobacco rattle tobavirus TRV czy wspomniany poprzednio CGMMV, zachowują infekcyjność nawet po przejściu przez układ pokarmowy człowieka lub gryzoni, jak myszy, szczury i króliki [17, 47]. Naturalne nawozy stałe i płynne mogą być więc źródłem wprowadzenia wirusów do gleby i wody gruntowej, do roślin i do wód powierzchniowych [1, 5, 13]. W kanałach znajdujących się przy oczyszczalniach ścieków wykrywano nawet w 200–300 ml próbkach wody kilkuset wyższą koncentrację cząstek wirusów roślin niż w innych badanych wodach powierzchniowych [20].

## **Pobieranie przez rośliny wirusów z roztworu glebowego**

---

Poznane są liczne wirusy, które mogą wnikać do korzeni roślin bez pomocy wektorów [40, 45]. Podczas podlewania zanieczyszczoną wirionami wodą dochodziło do porażenia zdrowych roślin przez wirusy z rodzajów *Tombus-tobamo-*, *Diantho-*, *Potex-*, *Carmo-*, *Poty-* i *Sobemovirus* [18, 33, 39, 41]. Wirus mozaiki pomidora ToMV i wirus zielonej pstrej mozaiki ogórka CGMMV były pobierane przez korzenie zdrowych roślin w uprawach hydroponicznych [32]. Jednocześnie wykazano, że pobieranie wirusa krzaczastej karłowatości pomidora TBSV i wirusa pierścieniowej plamistości goździka — carnation ringspot dianthovirus CRV było wydajniejsze w piasku niż w roztworze wodnym, co może sugerować, że wirusy wnikają głównie przez małe ranki tworzące się podczas wzrostu korzenia lub przez włósniki [15].

Nasiona fasoli mogą zostać porażone przez wirus południowej mozaiki fasoli — southern bean mosaic sobemovirus SBMV, jeżeli stykają się z zanieczyszczoną wirionami glebą lub z roztworem wodnym zawierającym cząstki wirusa. Do mechanicznego porażenia siewek dochodzi podczas kiełkowania [44].

Warto może wspomnieć, że większość wirusów porażających rośliny poprzez korzenie nie przemieszcza się do części nadziemnych rośliny lub porażenie systemiczne rozwija się bardzo powoli. Z reguły występowanie wirusa ogranicza się do strefy korzeni i niejednokrotnie wykrywane bywały bezobjawowe infekcje wirusowe roślin, które były porażane właśnie za pośrednictwem korzeni [15, 27, 32].

## Podsumowanie — epidemiologiczne konsekwencje odkrycia wirusów w wodach i chmurach

---

Jak wspomniano uprzednio, infekcyjne cząstki wirusów izolowano nie tylko z gleby i wód powierzchniowych, ale znajdowano je także we mgle, a nawet w chmurach [7, 11]. Nie wiemy, czy wirusy występują tam w postaci „wolnej” czy są związane np. z kryształkami lodu. Wydawałoby się, że wirusy, które nie mają wektorów, powinny raczej mieć ograniczony zasięg występowania. Tymczasem okazuje się, iż wirusy o bardzo trwałych cząstkach i łatwo przenoszone drogą mechaniczną mogą być transportowane na bardzo duże odległości z wodą rzek czy w chmurach. I choć nie do końca wiemy, w jaki to się dzieje sposób, ale jest udowodnione, że mogą dostawać się do zdrowych roślin i zakażać je. Wirus mozaiki stokłosa — BMV poraża urediniospory — zarodniki propagacyjne grzybów rdzawnikowych, np. grzyba *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* [9], a zarodniki tych grzybów były znajdowane w stratosferze, to jest na wysokości 45–50 km. To też jest pośrednie przeniesienie na duże odległości. Jako ciekawostkę warto przytoczyć wyniki NASA uzyskane w ramach programu badań mikrometeorytów. Otóż cząstki wirusa mozaiki tytoniu TMV, wysłane w przestrzeń kosmiczną (77–149 km), w zasadzie traciły zdolności infekcyjne po naświetlaniu promieniami słonecznymi (204 s). Cząstki wirusa, które nie były bezpośrednio narażone na promieniowanie np. typu UV, wróciły na Ziemię nieuszkodzone [31]. Możliwe więc, iż przenoszenie wirusów na dużych wysokościach może być jedną z przyczyn ich zmienności, wszak wiele typów promieniowania działa mutagennie.

Jakie znaczenie epidemiologiczne może mieć obecność wirusów roślin w wodach powierzchniowych czy we mgle lub chmurach? W zasadzie udowodniono, że jest to niebrany do tej pory pod uwagę sposób przenoszenia niektórych wirusów roślin, oraz wykazano możliwość zakażenia roślin przez wirusy przenoszone tą drogą, a to świadczy o nowym sposobie rozprzestrzeniania się chorób wirusowych. Przyjmuje się obecnie i taką hipotezę, że gatunki wirusów, do tej pory znane głównie jako

patogeny roślin uprawnych, mogą być jedną z przyczyn masowego zamierania lasów w Europie i innych rejonach świata. Uważa się, że dostają się one na te tereny przeważnie z wodą [4, 6]. Istotne jest także stwierdzenie, że korzenie zdrowych roślin mogą zostać porażone przez wirusy występujące w wodzie używanej do nawadniania roślin lub przez stosowanie zanieczyszczonych wirionami płynnych nawozów naturalnych [1, 5, 13, 32, 39]. Jest doniesienie z Nowej Południowej Walii (Australia) o bardzo poważnych stratach w uprawie papryki w wyniku porażenia jej przez wirus mozaiki ogórka CMV oraz wirus łagodnej pstrości papryki — pepper mild mottle tobamovirus PMMV, które w szklarniach przenosiły się głównie przez glebę i wodę służącą do nawadniania [33].

Na szczęście, poza tym wymienionym powyżej przykładem, brak jest bezpośrednich dowodów na poważniejsze zagrożenie upraw rolniczych i ogrodniczych przez wirusy przenoszone omawianymi tutaj drogami, ale obecność infekcyjnych cząstek wirusów w wodach powierzchniowych może stanowić realne źródło zakażenia i ten fakt trzeba w niektórych sytuacjach brać pod uwagę. Może to mieć szczególne znaczenie np. w uprawach i hodowli zachowawczej odwirusowanych roślin matecznych.

## Literatura

---

- [1] Adam G., Winter S., Lesemann D.E. 1990. Characterization of a new strain of tobacco necrosis virus isolated from nutrient feeding solution. *Ann. appl. Biol.* 116: 523–536.
- [2] Baylor E.R., Baylor M.B., Blanchard D.C., Syzdek L.D., Appel C. 1977. Virus transfer from surf to wind. *Science* 198: 575–580.
- [3] Bitton G., Maruniak J.E., Zettler F.W. 1987. Virus survival in natural ecosystems. W: Y. Henis (ed.) *Survival and dormancy of microorganisms*. Wiley, New York, 301–332.
- [4] Büttner C. 1986. Untersuchungen zur Viruskontamination von Böden und Gewässern des Waldökosystem. *Mitt. Biol. Bundesanstalt Land-u. Forstwirtschaft* 232: 284.
- [5] Büttner C., Marquardt K., Führling M. 1995. Studies on transmission of plant viruses by recirculating nutrient solution such as ebb-flow. *Acta Horticulturae* 396: 265–272.
- [6] Büttner C., Nienhaus F. 1989. Virus contamination of waters in two forest districts of the Rhineland area (PRG). *Eur. J. For. Path.* 19: 206–211.
- [7] Castello J.D., Lakshman D.K., Tavantzis S.M., Roger S.V., Bachand G.D., Jagels R., Carlisle R.J.J., Liu Y. 1995. Detection of infectious tomato mosaic tobamovirus in fog and clouds. *Phytopathology* 85: 1409–1412.
- [8] Dorst van H.J.M. 1969. Virus diseases of cucumbers. *Ann. Rep. Glasshouse Crop Res. Exp. Stn, Naaldwijk, Netherlands* p.75.
- [9] Erasmus D.S., von Wechmar M.B. 1983. The association of brome mosaic virus and wheat rusts. I. Transmission of BMV by uredospores of wheat stem and leaf rusts. *Phytopath. Z.* 108: 26–33.
- [10] Erdiller G., Akbas B. 1994. Plant viruses in Ankara rivers and lakes. *J. Turkish Phytopath.* 23: 119–126.

- [11] Fillhart R.C., Castello J.D., Bachand G.D. 1995. Airborne transmission of tomato mosaic tobamovirus to red spruce seedlings on White Mountain, N.Y. *Phytopathology* 85: 1138.
- [12] Fuchs E., Schluffer C., Kegler H. 1996. Occurrence of a plant virus in the northern sea. *Arch. Phytopath. Pl. Prot.* 30: 365–366.
- [13] Heijbrack W. 1988. Dissemination of rhizomania by soil, beet seeds and stable manure. *Neth. J. Pl. Path.* 94: 9–15.
- [14] Jacobi V., Castello J.D. 1990. Tomato mosaic tobamovirus transmitted from waters in the Adirondack Mountains. *Phytopathology* 80: 990.
- [15] Kegler G., Kegler H. 1981. Beiträge zur Kenntnis der vektorlosen Übertragung pflanzenpathogener Viren. *Arch. Phytopath. Pflanzenschutz* 17: 307–323.
- [16] Kegler G., Kleinhempel H., Kegler H. 1980. Untersuchungen zur Bolenbürtigkeit des tomato bushy stunt virus. *Arch. Phytopath. Pflanzenschutz* 16: 73–76.
- [17] Kegler G., Kleinhempel H., Stanarius A. 1984. Evidence for infectious plant viruses after passage through the rodent's alimentary tract. *Arch. Phytopath. Pflanzenschutz Berlin* 20: 80–193.
- [18] Koenig R. 1986. Plant viruses in rivers and lakes. *Adv. Virus Res.* 31: 321–333.
- [19] Koenig R. 1988. Detection in surface waters of plant viruses with known and unknown natural hosts. W „Development in Applied Biology II. Viruses with Fungal Vectors.” J.I. Cooper, M.J.C. Asher (Eds.). Association of Applied Biologists, Wellesbourne UK, 305–313.
- [20] Koenig R., An D., Lesemann D.E., Burgermeister W. 1988. Isolation of carnation ringspot virus from a canal near a sewage plant: cDNA hybridization analysis, serology and cytopathology. *J. Phytopath.* 121: 346–356.
- [21] Koenig R., Lesemann D.R. 1985. Plant viruses in German rivers and lakes I. Tombusviruses, a potexvirus and carnation mottle virus. *Phytopath. Z.* 112: 105–115.
- [22] Koenig R., Rüdell M., Lesemann D.E. 1989. Detection of petunia asteroid mosaic carnation ringspot and tobacco necrosis viruses in ditches and drainage canals in a grapevine-growing area in West Germany. *J. Phytopath.* 127: 169–172.
- [23] Kontzog H.G., Kleinhempel H., Kegler H. 1988. Nachweis pflanzenpathogener Viren in Gewässern. *Arch. Phytopath. Pflanzenschutz* 24: 171–172.
- [24] Lanter K.M., McGuire J.M., Goode M.J. 1982. Persistence of tomato mosaic virus in tomato debris and soil under field condition. *Plant Dis.* 66: 552–555.
- [25] Lipson S.M., Stotzky G. 1985. Specificity of virus adsorption to clay miner. *Can. J. Microbiol.* 31: 50–53.
- [26] Li Y., Lesemann D.E., Koenig R., Rüdell M., Pfeilstetter E. 1992. Isometric plant viruses in ditches and streams in agricultural areas: recovery of previously found viruses and identification of hitherto unrecorded carmo- and tombusviruses including grapevine Algerian latent virus. *J. Phytopathol.* 134: 121–132.
- [27] Lovisolo O., Bode O., Volk J. 1965. Preliminary studies on the soil transmission of petunia asteroid mosaic virus (Petunia strain of tomato bushy stunt virus). *Phytopath. Z.* 53: 323–342.
- [28] Mamula D., Plese N., Juretic N. 1994. Plant viruses in soil and water in Croatia. *Periodicum Biologorum* 96: 381–382.
- [29] Matthews R.E.F. 1991. Plant virology. Academic Press, San Diego: 835 ss.



- [30] Murphy F.A., Fauquet C.M., Bishop D.H.L., Ghabrial S.A., Jarvis A.W., Martelli G.P., Mayo M.A., Summers M.D. (eds). 1995. Virus taxonomy, classification and nomenclature of viruses. 6th. Rept. ICTV, *Arch. Virol. Suppl.* 10: 596 ss.
- [31] Orlob G.B., Lorenz P.R. 1968. Survival of tobacco mosaic virus in space. *Phytopathology* 58: 955–956.
- [32] Paludan N. 1985. Spread of viruses by recirculated nutrient solutions in soilless cultures. *Tidssler. Planteavl.* 89: 467–474.
- [33] Pares R.D., Gunn L.V. 1989. The role of non-vectored soil transmission as a primary source of infection by pepper mild mottle and cucumber mosaic viruses in glasshouse-grown *Capsicum* in Australia. *J. Phytopath.* 126: 353–360.
- [34] Piazzolla P. 1989. Partial stabilization of cucumber mosaic virus (CMV) induced by a clay mineral. *J. Phytopath.* 124: 97–100.
- [35] Piazzolla P., Buondonno A., Palmieri F., De Stradis A. 1993. Studies on plant viruses-soil colloids interactions. I. Stability and infectivity of CMV associations with kaolinite and montmorillonite. *J. Phytopath.* 116: 244–246.
- [36] Piazzolla P., Castellano M.A., De Stradis A. 1986. Presence of plant viruses in some rivers of southern Italy. *J. Phytopath.* 116: 244–246.
- [37] Pleše N., Juretić N., Mamula D., Polák Z., Krajacic M. 1996. Plant viruses in soil and water of forest ecosystems in Croatia. *Phyton (Horn)* 36: 135–143.
- [38] Pocsai E., Horvath J. 1997. The occurrence of plant viruses in waters of the Hungarian rivers and lakes. *Novenyvedelem* 33: 69–76.
- [39] Polák Z., Sirový V. 1995. Occurrence of cucumber mosaic virus in water of an irrigation ditch. *Zeitschr. Pflanzkrankheiten — Pflanzenschutz* 102: 40–43.
- [40] Roberts F.M. 1950. The infection of plants by viruses through roots. *Ann appl. Biol.* 37: 383–396.
- [41] Rusiłowicz D. 1991. Wirusy w rzekach i wodach otwartych. Praca mgr. Kat. Fitopatologii SGGW, Warszawa: 48 ss.
- [42] Smith P.R., Campbell R.N., Fry P.R. 1969. Root discharge and soil survival of viruses. *Phytopathology* 59: 1678–1687.
- [43] Stace-Smith R. 1989. Isolation of a virus from drainage water in British Columbia. *Phytopathology* 79: 911.
- [44] Teakle D.S., Morris T.J. 1981. Transmission of southern bean mosaic virus from soil to bean seeds. *Plant Dis.* 65: 559–600.
- [45] Tomaru K., Maeda S., Enomoto Y. 1971. Infection of tobacco plants with cucumber mosaic virus through roots. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 37: 63–69.
- [46] Tomlinson J.A., Faithfull E.M. 1984. Studies on the occurrence of tomato bushy stunt virus in English rivers. *Ann. appl. Biol.* 105: 485–495.
- [47] Tomlinson J.A., Faithfull E., Flewett T.H., Beards G. 1982. Isolation of infective tomato bushy stunt virus after passage through the human alimentary tract. *Nature* 300: 637–638.
- [48] Tosic M., Tosic D. 1984. Occurrence of tobacco mosaic virus in water of the Danube and Sava rivers. *Phytopath. Z.* 110: 200–202.
- [49] Vovlas C., Di Franco A. 1987. Nuovi dati sulla presenza di virus delle piante nei corsi d'acqua di Puglia e Basilicata. *Informatore Fitopatologico* 37: 55–59.

[50] Yarwood L.E. 1960. Release and preservation of viruses by roots. *Phytopathology* 50: 111–114.

## **Little known methods of plant virus transmission: occurrence of plant viruses in surface waters and atmospheric moisture**

---

**Key words:** plant viruses, transmission, water-born viruses, air-born viruses

### Summary

During last 15 years at least 38 species from 16 genera of plant viruses were detected and identified in environmental waters, such as rivers, streams, ponds, lakes and in the sea. Infectious virus particles were found in field and greenhouse irrigation systems, hydroponic cultures, manure nutrient solutions, and even in semi-liquid sludge of sewage plants. Plant viruses were also detected in tap water, fogs and in the clouds. Presented paper reviews:

- the methods used for detecting plant viruses in waters samples,
- the forms and stages of infectious plant viruses in natural waters,
- methods of long distance water-transmission of plant viruses including the origins of virus particles in surface waters and mechanisms of plant infections,
- epidemiological consequences of water-born and air-born plant virus discovery.

*Adres do korespondencji:  
dr hab. Marek S. Szyndel*

*H&I Agritech, Inc., Cornell University Business and Technology Park,  
95 Brown Rd, No. 1030  
Ithaca, NY., 14850  
USA*