

## Virové žloutenky cukrové řepy – co je nového?

VIRUS YELLOWS OF SUGAR BEET – WHAT'S NEW?

Virové žloutenky řepy jsou už od 30. let 20. století známé jako komplex velmi vážných chorob cukrové řepy. Mohou drasticky snížit výnos cukru (1, 2). V Evropě tuto chorobu působí hlavně tři viry, a to beet yellows virus (BYV, virus žloutenky řepy) (1, 3), beet chlorosis virus (BChV) (4, 5, 6) a beet mild yellowing virus (BMV, virus mírného žloutnutí řepy) (7). Z hlediska přenosu těchto virů se jako vektory uplatňuje řada druhů mšic, ale tím nejvýznamnějším vektorem je mšice broskvoňová (*Myzus persicae* Sulzer) (2).

V posledních desetiletích se jako insekticidní mořidla semen řepy uplatňovaly neonikotinoidy. Toto ošetření bylo velmi účinné proti mšicím jako vektorům virů, škodlivost virových žloutenek tak byla velmi nízká. Od roku 2018 je v Evropské unii oficiálně zakázáno používat neonikotinoidy (8), a proto bylo napadení cukrovky virovými žloutenkami v některých zemích EU v roce 2019 a především v roce 2020 velmi vážné (9). S ohledem na to jsou jako jeden z významných zdrojů možné budoucí ochrany jak pěstители, tak i zpracovateli cukrové řepy požadovány odrůdy tolerantní až rezistentní k virovým žloutenkám.

### Viry jako původci choroby

**BYV (beet yellows virus)** je semiperzistentní virus patřící do čeledi *Closteroviridae*, rod *Closterovirus*. Virové částice BYV mají pozitivní jednovláknitou RNA (ssRNA+). RNA nukleová kyselina je obalena dvěma vrstvami proteinu. Virové tyčinkovité částice mají délku 1250–2200 nm a šířku 12 nm (10). Příznaky napadení počínají na listech prosvětlením, žloutnutím mezi listovou žilnatinou (obr. 1.), na čepeli starších listů se objevuje bronzové až červené zabarvení (obr. 2.), listy jsou ztlustlé a křehké. Přenos BYV z napadené na nenapadenou rostlinu popsal WATSON (2) už v roce 1940. Virus je přenášen semiperzistentně především mšičí makovou (*Aphis fabae*) a mšičí broskvoňovou (*Myzus persicae*), vektory mohou být i mšice *Myzus ascalonicus*, *Myzus certus* či *Macrosiphum euphorbiae*. Minimální doba pro nabývací sání viru je 15 minut a účinnost přenosu se s délkou nabývacího sání zvyšuje. Virus v těle mšice necirkuluje a mšice ztrácejí svoji infekčnost při svlékání. U viru neexistuje období latence a mšice je schopna jej přenést okamžitě po nabývacím sání. K přenosu

Obr. 1. Virus žloutenky řepy (BYV) – prosvětlení a plošné žloutnutí mezi listovou žilnatinou





Obr. 2. Virus žloutenky řepy (BYV) – červené zbarvení listů cukrové řepy



Obr. 3. Virus mírného žloutnutí řepy (BMYV) – difúzní chlorotické žloutnutí mezi žilnatinou řepných listů



viru na neinfikovanou rostlinu stačí sání trvajících 7–15 minut a s délkou sání se opět možnost přenosu zvyšuje. Virus je po nabývacím sání infekční v mšicích asi 1–4 dny (11, 12, 13). Virus se tedy v porostu cukrovky obvykle nešíří na velké vzdálenosti a vyskytuje se ohniskovitě.

**Viry BMYV (beet mild yellowing virus) a BChV (beet chlorosis virus)** náležejí k čeledi Luteoviridae, rod *Polerovirus* (6). Částice virů jsou izometrické (ikosaedrální), pozitivní s jednovláknitou RNA (ssRNA+) a s průměrem 24–26 nm (6). Viry jsou přenášeny perzistentně především mšicí broskvoňovou. Virus po sání cirkuluje v těle vektora a zůstává v něm po dobu jeho života, není přenosný na potomstvo (11). Má latentní periodu asi 24 hodin a po nabývacím sání (optimum 48–72 hodin) následuje cirkulace viru v trávicím traktu. Možnost infekce existuje po opětovém přechodu do slinných žláz (12). Virus se v těle mšice nemnoží. Možnost přenosu viru může nastat již po 30 minutách sání, ale optimum je při sání trvajícím 24–48 hodin (11).

Příznaky napadení virem mírného žloutnutí řepy (BMYV) jsou difúzní chlorotické skvrny a plochy mezi listovou žilnatinou na starších plně vyvinutých listech (obr. 3.). Intenzivní žluté zbarvení listů může někdy přecházet až ve žlutooranžovou a listy bývají často druhotně napadány houbami rodu *Alternaria*, působících na listech nekrózy (obr. 4.) Textura listů podobně jako u BYV je tuhá a křehká. Díky velké mobilitě infikovaných okřídlených mšic broskvoňových může být v porostu až plošné napadení virem BMYV.

Symptomem napadení virem BChV (beet chlorosis virus) je žloutnutí mezi listovou žilnatinou, obecně je žloutnutí mírnější než u virů BYV a BMYV (14) (obr. 5.). Častá je směšná infekce dvěma i třemi viry a je tak velmi obtížné odlišit podle příznaků

Obr. 5. Virus mírného žloutnutí řepy (BMYV) – žlutooranžové zbarvení na listech a druhotné napadení *Alternaria* sp.





Obr. 5. Beet chlorosis virus (BChV) – mírné žloutnutí mezi listovou žilnatinou



napadení, o jaké viry se jedná. Přesná diagnostika je možná pomocí metod PCR, qPCR a sekvenčními metodami. Rozlišení mezi dvěma poleroviry a virem BYV umožňuje serologická metoda ELISA (enzyme linked immunosorbent assay). Virové žloutenky se nejvíce vyskytují v oblastech mírného klimatu, kde navíc existuje možnost přezimování anholocyklických kmenů mšice broskvoňové (*Myzus persicae*) na různých bylinných hostitelských rostlinách a kde dochází ke stálému přenosu virů v průběhu roku (15).

Obecně výskyt BMV je častější v severní a západní Evropě, zatímco BYV je běžnější ve středoziemských oblastech (16). Ve výskytech se však mohou projevit i rozdíly, kdy BYV bývá identifikována i v západní Evropě (Lennefors, nepublikováno). V podmínkách Česka se vyskytují viry BYV i BMV, převažuje však BMV. Problematika výskytu a rozšíření BChV však není v Česku zatím dokonale prozkoumána. Při napadení cukrovky virem BYV může dojít ke snížení výnosu cukru až o 50 %. Při napadení virem BMV dochází ke snížení výnosu cukru přibližně o 30 % a u viru BChV asi o 25 % (14, 17). Snížení výnosu je tím vyšší, čím časněji dojde k napadení řepy virem.

Rostliny napadené virovými žloutenkami mají omezenou a sníženou fotosyntézu, růst i akumulaci cukru v bulvách. Choroba také zvyšuje obsah melasotvorných látek a negativně tak ovlivňuje výtěžnost cukru (14, 18).

Příznaky žloutnutí se při napadení virem BYV u mladých rostlin objevují za 3–4 týdny po infekci, plně vyvinuté listy mohou po napadení zůstat zelené. Inkubační doba při přenosu viru v srpnu a v září je 8–9 týdnů, žloutnutí listů je menší než při napadení v rané fázi vývoje rostlin a také snížení výnosu je nižší (12).

Obr. 6. Bezkrídle mšice broskvoňové na cukrové řepě



Jako hostitelé virů se vedle rodu *Beta* uvádí řada plevelů z čeledí *Amaranthaceae*, *Cruciferae* a *Compositae*. Staré a dobře známé zdroje napadení jsou semenačky cukrové řepy a porůstající řepa na skládkách. V posledních letech se výzkum soustředí také na sledování plevelů jako přirozených zdrojů infekce. Společní hostitelé pro viry žloutenky řepy (BYV) a viry mírného žloutnutí řepy (BMYV) jsou například *Lamium purpureum*, *Papaver rhoeas*, *Spergula arvensis* či *Stellaria media*. Virus mírného žloutnutí řepy (BMYV) se rovněž může vyskytnout na *Anagallis arvensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Chrysanthemum segetum* či *Senecio vulgaris* (5, 6). Naopak virus žloutenky řepy (BYV) se vyskytuje na *Atriplex patula*, *Chenopodium album* či *Portulaca oleracea*. Další informace lze nalézt na webu CABI (19).

### Vektoři virů

Hlavním a nejdůležitějším vektorem virů z komplexu virových žloutenek je mšice broskvoňová (*Myzus persicae*). Virus BYV může být také přenášen mšicí makovou (*Aphis fabae*). Podíl přenosu u těchto virů je však u mšice broskvoňové větší než 60 %, u mšice makové se pohybuje kolem 34 % (13).

BLACKMAN (20) popisuje u mšice broskvoňové životní cyklus holocyklický a anholocyklický. Holocyklie zahrnuje vývin sexuálního forem, stimulovaný krátkou fotoperiodou na podzim. Vyvíjejí se samci a samice, které po oplodnění snášejí vajíčka na primární zimní hostitele. V případě anholocyklie se mšice množí parthenogeneticky na sekundárních bylinných hostitelích. Existují také intermediární typy populací, které se mohou množit holocyklicky i anholocyklicky (20). Mezi primární zimní hostitelské rostliny mšice broskvoňové patří druhy rodu *Prunus* spp., především broskvoň (*Prunus persica*) (21). Živorodé samičky anholocyklických kmenů přezimují v oblastech mírných zim (Anglie, Francie) na bylinných hostitelích (řepka, penízek rolní, kokoška pastušá, tobolek a další). V mírném pro mšice vhodném klimatu trvá vývoj jedné generace mšic na hostitelské rostlině 10–12 dnů, a proto se v průběhu vegetace vyvíjí mnoho generací (22). V průběhu léta se bezkřídlé živorodé samičky mšice množí parthenogeneticky bez oplodnění (21) (obr. 6.).

Okřídlené samičky (obr. 7.) se v kolonii mšic začnou tvořit při přemnožení (overcrowding) a přelétají s pomocí větru i na velké vzdálenosti (23).

Viruliferní mšice mohou přezimovat na skládkách řepy a zbytcích listů a částech rostlin po sklizni (24). Zdrojem infekce virů mohou být infikované vyběhlíčky řepy a rostliny vyrůstající z kořenových skrojků (25). Některé ozimé hostitelské rostliny viru BYV, například ozimý špenát, mohou být velkým zdrojem infekce v následujícím jarním období (25).

### Možnosti ochrany

Intenzita výskytu virových žloutenek závisí jednak na početnosti zdrojů infekce (porůstající řepné skrojky, hostitelské plevele) a na intenzitě a časnosti náletů mšic jako vektorů. Viry se v porostu šíří ohniskovitě od primárně infikovaných rostlin a sekundární infekce je možná jak okřídlenými jedinci (sekundární přelety mšic v rámci porostu řepy) tak bezkřídlými mšicemi, které mohou přecházet mezi rostlinami v zapojeném porostu.

Přímá ochrana proti virové infekci zatím není možná, lze jen zabránit šíření virů v porostu, a to jak primární tak sekundární

Obr. 7. *Myzus persicae* – okřídlená mšice broskvoňová



infekci. Tato ochrana spočívá v likvidaci mšic jako vektorů pomocí postřiku účinnými insekticidy (flonicamid, sulfoxaflor a další) na základě prahů hospodářské škodlivosti. Z hlediska agrotechnického může pomoci časnější setí řepy, tak aby rostliny byly v období hlavního náletu mšic ve fázi, kdy již jsou méně citlivé k infekci viry (asi více než 16 pravých listů).

### Šlechtění na odolnost k virovým žloutenkám

Šlechtitelské firmy v současnosti intenzivně pracují na hledání odrůd s tolerancí až rezistencí k virovým žloutenkám. Historicky toto šlechtění začalo již ke konci 40. let 20. století a v různé intenzitě pokračovalo až do zavedení účinných neonikotinoidů v 80. letech 20. století (14, 26–31). Neonikotinoidy se používaly do období jejich zákazu v roce 2018 jako insekticidní mořidla semen řepy a také jako postřiky na list proti vektorům – mšicím. V současnosti, kdy použití neonikotinoidů zřejmě nebude nadále možné, začaly opět nabývat na významu šlechtitelské projekty zaměřené na selekci genotypů cukrovky s tolerancí či rezistencí ke komplexu virů působících žloutenky řepy.

Různé úrovně odolnosti ve smyslu tolerance až rezistence cukrovky vůči BYV a BMYV byly popsány takto (32, 33):

- imunita – virus se nemnoží a rostlina tedy není vhodným hostitelem,
- rezistence – rostlina se rychlostí vývoje vyhne infekci,
- rezistence – mechanismus, který snižuje riziko šíření viru tím, že dochází k hypersenzitivní reakci nebo v rostlině probíhá antivirální aktivita,
- rezistence k množení viru v rostlině – šíření viru v rostlině je omezeno,
- pravá tolerance – na rostlině nejsou patrné symptomy napadení, ale virus je v rostlině přítomen,
- tolerance k chorobě – na rostlině jsou patrné příznaky napadení, výnos plodiny je však stále přijatelný.



RUSSEL ET AL. (33) také hovoří o různé úrovni rezistence genotypů cukrové řepy k napadení mšicemi.

Šlechtitelské linie cukrovky s tolerancí až parciální rezistencí k virovým žloutenkám působeným viry BYV, BChV a BWYV (beet western yellows virus, virus západní žloutenky řepy) byly nalezeny v genové bance USDA (United States Department of Agriculture) v Salinas v roce 2002 (6, 34).

Společnost MariboHillesbög již dávno měla ve svém programu výběr genotypů cukrovky s různou úrovní odolnosti k virovým žloutenkám (35). Šlechtění nyní intenzivně pokračuje a hodnotí se ve velkém měřítku elitní genetické materiály, zdroje z genových bank, vlastní genové zdroje divoké řepy a testují se hybridy z hlediska tolerance či rezistence vůči virům BMV, BYV a BChV. Hodnocení a screening se provádí ve skleníkových testech a v polních podmínkách. Rostliny cukrové řepy jsou inokulovány virem a následně je kvantifikován obsah virových partikul serologickým testem ELISA a intenzita příznaků na rostlinách. Podařilo se úspěšně identifikovat tolerantní i rezistentní zdroje k virovým žloutenkám. Společnost intenzivně pokračuje ve šlechtitelském programu s cílem poskytnout pěstitelům cukrové řepy v brzké době odrůdy s dobrou tolerancí či rezistencí k virovým žloutenkám. Ke stejnému cíli směřují i další osivářské firmy.

*Britt-Louise Lennefors, MariboHillesbög Research AB, Švédsko  
přeložil Vít Bittner, MariboHillesbög APs, Česko*

*foto: Britt-Louise Lennefors*

## Literatura

- ROLAND, G.: *Rev. Path. Veg. Ent. Agric.*, 23, 1936, s. 185.
- WATSON, M. A.: *Studies on the transmission of sugar-beet yellows virus by the aphids, Myzus persicae (Sulz.)*. 1940, [online] <https://doi.org/10.1098/rspb.1940.0025>.
- RUSSEL, G. E.: 1970. Beet yellows virus CMI/ABB Descriptions of plant viruses No.13 Commonwealth Mycological Institute/ Association of Applied Biologists, Kew, Surrey, England
- LIU, H. Y. ET AL.: *Beet chlorosis virus – A new luteovirus affecting sugar beet*. 1999.
- STEVENS, M.; SMITH, H. G.; HALLSWORTH, P. B.: Identification of a second distinct strain of beet mild yellowing luteovirus using monoclonal antibodies and transmission studies. *Ann. Appl. Biol.*, 125, 1994, s. 515–520.
- STEVENS, M. ET AL.: Beet poleroviruses: close friends or distant relatives? *Molecular plant pathology*, 6, 2005, s. 1–9.
- RUSSEL, G. E.: Sugar beet yellows: A preliminary study of the distribution and interrelationships of viruses and virus strains found in East Anglia 1955–57. *Ann. Appl. Biol.*, 46, 1958, s. 393–398.
- Neonicotinoides*. European commission, 2020, [online] [https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/approval\\_active\\_substances/approval\\_renewal/neonicotinoids\\_en](https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/approval_active_substances/approval_renewal/neonicotinoids_en).
- ZELLER, F.: *Raging beet yellowing virus in France*. 2020, [online] <https://www.dlg.org/en/membership/newsletter/2020/raging-beet-yellowing-virus-in-france#:~:text=The%20primary%20reason%20being%20the%20unexpectedly%20massive%20occurrence,16%25%20lower%20in%202020%20than%20the%20five-year%20average>.
- AGRANOVSKY, A. A.; LESEMANN, D. E.: Closterovirus. In TIDONA, C.; DARAI, G. (EDS): *The Springer Index of Viruses*. New York: Springer, 2011, s. 327–333.
- RUSSEL, G. E.: (1962). Sugar beet mild yellowing virus: a persistent aphid-transmitted virus. *Nature*, 195, 1962 (1231), [online] <https://www.nature.com/articles/1951231a0>.
- NILSSON, B.; LARSSON, H.: Virus gulsot i sockerbeter – historik, biologi, spridning, effekt på skörden samt möjligheter till prognos och bekämpning. In *31:a Svenska Växtskyddskonf.*, 1990, s. 299–318.
- LIMBURG, D. D.; MAUK, P. A.; GODFREY, L. D.: Characteristics of beet yellows closterovirus transmission to sugar beet by *Aphis fabae*. *Phytopathology*, 87, 1997, s. 766–771.
- STEVENS, M.; HALLSWORTH, P. B.; SMITH, H. G.: The effect of Beet mild yellowing virus and Beet chlorosis virus on the yield of UK field-grown sugar beet in 1997, 1999 and 2000. *Ann. Appl. Biol.*, 144, 2004, s. 113–119.
- BIANCARDI, E.; PANELLA, L. W.; LEWELLEN, R. T.: *Beta maritima – The origin of beets*. New York: Springer, 2012, doi.org/10.1007/978-1-4614-0842-0.
- STEVENS, M. ET AL.: Distribution and properties of geographically distinct isolates of sugar beet yellowing viruses. *Plant pathology*, 43, 2005, s. 579–588.
- SMITH, H. G.; HALLSWORTH, P. B.: The effect of yellowing viruses on yield of sugar beet in field trials, 1985 and 1987. *Ann. Appl. Biol.*, 116, 1990, s. 503–511.
- CLOVER, G. R. G. ET AL.: The effect of beet yellows virus on growth and physiology of sugar beet (*Beta vulgaris*). *Plant pathology*, 48, 1999, s. 129–138.
- Invasive Species Compendium*. CABI, [online] <https://www.cabi.org/isc/abstract/19942306327>.
- BLACKMAN, R. K.: The inheritance of life-cycle differences in *Myzus persicae* (Sulz.) (Hem. Aphididae). *Bullentine Entomological Res.*, 62, 1972, s. 281–294.
- BJÖRLING, K.; OSSIANILSSON, F.; TUNBLAD, B.: Persikbladlusen vår farligaste spridare av virusjukdomar. *Växtskyddsnotiser*, 1955 (5–6), s. 81–68.
- CAPINERA, L. J.: *Green peach aphid – Myzus persicae (Sulzer)*. 2001, [online] [http://entnemdept.ufl.edu/creatures/VEG/APHID/green\\_peach\\_aphid.htm](http://entnemdept.ufl.edu/creatures/VEG/APHID/green_peach_aphid.htm).
- WIKTELIUS, S.: Fjärrspridning av bladlöss i Sverige. *Växtskyddsnotiser*, 1977 (5–6), s. 151–154.
- HEIE, O.; PETERSEN, B.: *Investigations on Myzus persicae Sulz., Aphis fabae Scop., and virus yellows of beet (Beta virus 4) in Denmark*. The Virus-Committee, Danish Academy of Technical Sciences, 1961.
- BJÖRLING, K.; MÖLLERSTRÖM, G.: Incidence and importance of beet yellowing viruses in Sweden 1946 to 1973. *Socker Handlingar*, 26, 1974 (1), s. 1–14.
- BENNET, C. W.: Sugar beet yellows disease in the United States. *USDA Bull.*, 1960 (1281), s. 1–63.
- DE BIAGGI, M.: Beet yellows. In BIANCARDI E. ET AL. (eds): *Genetics and breeding of sugar beet*. Enfield (NH, USA): Science, 2005, s. 367.
- DUFFUS, J. E.: The yellowing virus disease of beet. In LAUFFER, M. A. ET AL. (eds.): *Advances in Virus Research*. Academic Press., 1973, s. 347–386.
- DUFFUS, J. E.; RUPPEL, E. G.: Diseases. In COOKE, D. A.; SCOTT, R. K. (eds): *The sugar beet crop*. Cambridge, UK: Chapman & Hall, 1993, s. 346–427.
- LUTHERBACHER, M. C. ET AL.: Sources of resistance to diseases of sugar beet in related Beta germplasm: I. Foliar diseases. *Euphytica*, 139, 2004, s. 105–121.
- McFARLANE, J. S.; BENNET, C. W.: Occurrence of yellows resistance in sugar beet with an appraisal of the opportunities for developing resistant varieties. *J. of the A.S.S.B.T.*, 12, 1963 (6), s. 403–514.
- BJÖRLING, K.: Virus resistance in plant breeding. *Plant food human nutrition*, 13, 1966, s. 330–333.
- RUSSEL, G. E.: Resistance to virus diseases. In *Russel, G. E. (ed) Plant Breeding for pests and disease resistance*. Butterworth-Heinemann, 1978, s. 209–229.
- LEWELLEN, R. T.: Registration of sugar beet germplasm lines C927-4, C929-62, C930-19, and C930-35 with resistance to rhizomania, virus yellows, and bolting. *Crop Science*, 44, 2004, s. 359–361.
- HULL, R.: *Report from 1973 – Part 1*. Brooms Barn Experimental Station, 1973, <https://doi.org/10.23637/ERADOC-1-130>.