

VIRUSI I VIROIDI KRUŠKE

Darko Jevremović, Bojana Vasilijević, Vera Katanić

Institut za voćarstvo, Čačak

E-mail: darkoj@ftn.kg.ac.rs

Izvod

Kruška je jedna od najrasprostranjenijih vrsta voćaka u svetu. U odnosu na koštičave i jagodaste vrste voćaka, krušku i ostale jabučaste vrste, zaražava manji broj virusa i viroida. Virus kod većine komercijalnih sorti kruške ne izazivaju simptome na lišću, plodovima i drugim biljnim organima. Kod osetljivih sorti, simptomi se javljaju samo na listovima i plodovima. Široko rasprostranjeni i ekonomski značajni virusi kruške su: virus jamičavosti stabla jabuke (apple stem pitting virus, ASPV), virus brazdavosti stabla jabuke (apple stem grooving virus, ASGV), virus hlorotične lisne pegavosti jabuke (apple chlorotic leaf spot virus, ACLSV) i virus mozaika jabuke (apple mosaic virus, ApMV). Od viroida, po štetnosti se izdvajaju viroid mehuravih rak rana kruške (pear blister canker viroid, PBCVd) i viroid plutavosti pokožice ploda jabuke (apple scar skin viroid, ASSVd).

Ključne reči: kruška, virusi, viroidi, detekcija, mere kontrole

UVOD

Najveći proizvođač plodova kruške je Kina, sa preko 18,8 miliona tona u 2021. godini, što čini oko 70% svetske proizvodnje (FAOSTAT, 2023). Prosečna proizvodnja kruške u Srbiji u periodu 2017–2021. godine iznosila je 58.820 t (FAOSTAT, 2023). Proizvodnja kruške je ugrožena brojnim patogenima i štetočinama. Najveće ekonomske štete u proizvodnji kruške pričinjava bakteriozna plamenjača (*Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow). Adekvatnim merama nege fitopatogene gljive se lako kontrolišu, dok se bolesti prouzrokovane virusima i fitoplazmama ne mogu suzbijati direktnim hemijskim merama.

Virusi kod osetljivih sorti kruške mogu prouzrokovati značajne ekonomske štete koje se ogledaju u smanjenju prinosa, pogoršanju kvaliteta plodova i životnog veka voćaka. Najveći broj virusa ne izaziva lako uočljive simptome na listovima i plodovima kruške. Virus se najčešće prenose putem zaraženog materijala (podloge, kalem grančice, sadnice). U zasadima je primećeno širenje svih virusa koji zaražavaju krušku, ali vektori još uvek nisu dovoljno proučeni. Jednom zaražena biljka se ne može izlečiti, pa se

preventivnim merama kontrole mora posvetiti velika pažnja. Osnovna mera borbe protiv virusnih bolesti je proizvodnja i korišćenje bezvirusnog sadnog materijala.

Ekonomski značajni virusi kruške su: virus jamičavosti stabla jabuke (apple stem pitting virus, ASPV), virus brazdavosti stabla jabuke (apple stem grooving virus, ASGV), virus hlorotične lisne pegavosti jabuke (apple chlorotic leaf spot virus, ACLSV) i virus mozaika jabuke (apple mosaic virus, ApMV). Viroidi koji zaražavaju krušku su viroid mehuravih rak rana kruške (pear blister canker viroid, PBCVd) i viroid plutavosti pokožice ploda jabuke (apple scar skin viroid, ASSVd).

Virus jamičavosti stabla jabuke Apple stem pitting virus, ASPV

Virus jamičavosti stabla jabuke je prisutan širom sveta gde se gaje kruška, jabuka i dunja. Prouzrokovatelj je bolesti žutila nerava lista kruške (*pear vein yellows*). Često se javlja u mešovitim infekcijama sa drugim virusima. U Srbiji je potvrđen kod jabuke, kruške i dunje (Paunović i sar., 1999; Paunović i Ranković, 2000).

ASPV je član roda *Foveavirus*, familija *Betaflexiviridae* (James i sar., 2013). Virus je sa pozitivnim jednonančanim RNK genomom – ss (+) RNA koji sadrži pet otvorenih okvira čitanja (*open reading frames*, ORFs) sa oko 9.200 nukleotida.

Domaćini virusa jamičavosti stabla jabuke su sve vrste jabučastih voćaka (jabuka, kruška, dunja i mušmula).

Kod osetljivih sorti kruške izaziva prosvetljavanje i žutilo nerava lista (Slika 1), crveno šarenilo lišća i nekrotične pege (Jelkmann, 1994; Desvignes i sar., 1999). Takođe, kod jako osetljivih sorti kruške javljaju se deformacije (Slika 2) i kamenitost plodova (Paunović i sar., 1999; Jelkmann i Paunović, 2011). U pojedinim godinama, pojava deformacija i velikog broja kamenih ćelija u plodovima može biti jako izražena, posebno kod sorti Boskova bočica ('Beurré Bosc') i Društvenka ('Doyenne du Comice'). Usled deformacija, plodovi nemaju veliku tržišnu vrednost i koriste se za preradu. Značajne štete u zasadima kruške prouzrokovane virusom jamičavosti stabla jabuke zabeležene su u Italiji (Pilotti i sar., 1995).

ASPV se efikasno prenosi zaraženim sadnim materijalom, zaraženim podlogama i kalem grančicama. U brojnim zasadima proizvođači su evidentirali širenje bolesti, ali za sada nije potvrđen nijedan vektor ovog virusa. ASPV se ne prenosi polenom i semenom.

Za detekciju ASPV koriste se biološki testovi, ali je period očitavanja rezultata dug (8 nedelja do 2 godine) (OEPP/EPPO, 1999). ELISA test daje

pouzdanе rezultate samo ako se analiza vrši iz stariјeg lišća tokom leta i grančica tokom zime. Danas se za analizu najčešće koristi RT-PCR metoda (Paunović i Jevremović, 2008).



Slika 1. Virus jamičavosti stabla jabuke: prosvetljavanje nerava na listovima kruške 'Jules d'Airolles'



Slika 2. Virus jamičavosti stabla jabuke: deformacija ploda kruške Boskova bočica

Najznačajnija mera kontrole je korišćenje bezvirusnog sadnog materijala.

Virus brazdavosti debla jabuke Apple stem grooving virus, ASGV

Virus brazdavosti debla jabuke je rasprostranjen svuda u svetu gde se gaje jabučaste vrste voćaka.

Član je roda *Capillovirus*, familija Betaflexiviridae. ASGV je ss (+) RNA virus. Genom ima dva ORF-a koji se preklapaju i kodiraju *replicase polyprotein* i *coat protein* (CP) od 241 i 36 kDa (Shokri i sar., 2023).

Domaćini ASGV su jabučaste i koštičave vrste voćaka i razne vrste citrusa.

Na ekonomski značajnim sortama kruške ASGV ne izaziva vidljive simptome. Na listovima starih sorti krušaka u Južnoj Koreji opisana je pojava nekrotičnih pega (Hong i sar., 1985), dok Nam i Kim (1994) kao jako osetljive navode sorte 'Nuitaka' i 'Okusankichi'. Kod ovih sorti se najpre na listovima javljaju crvene i braon pege, a kasnije u toku vegetacije i bele pege. Plodovi na zaraženim stablima su manjih dimenzija nego na zdravim, sa višim sadržajem kiselina i nižim sadržajem šećera. Plodovi su lošeg kvaliteta i na tržištu imaju jako nisku cenu.

ASGV se prenosi zaraženim sadnim materijalom. Kao i kod ASPV, zapaženo je širenje u zasadu, ali nije utvrđen vektor virusa.

Za detekciju ASGV u uzorcima kruške koriste se iste metode kao i za detekciju ASPV.

Osnovna mera kontrole je proizvodnja i korišćenje bezvirusnog sadnog materijala.

Virus hlorotične lisne pegavosti jabuke Apple chlorotic leaf spot virus, ACLSV

Virus hlorotične lisne pegavosti jabuke je rasprostranjen na svim kontinentima. Najčešće se javlja u mešanim infekcijama sa APSV i ASGV.

ACLSV je član roda *Trichovirus*, familija Betaflexiviridae. Genom virusa je ss (+) RNA dužine 7474–7555 nukleotida, sadrži tri otvorena okvira čitanja koji kodiraju *replication-associated protein* (Rep), *movement protein* (MP) i *coat protein* (CP) (Ashraf i sar., 2023).

Domaćini ACLSV su brojne vrste jabučastih i koštičavih voćaka.

Kod komercijalno gajenih vrsta i sorti voćaka ACLSV ne izaziva vidljive simptome, što otežava dijagnostiku na terenu. Neki izolati ACLSV mogu izazvati pucanje kore grana, deformacije ploda, kamene ćelije u mezokarpu, nekrozu pupoljaka i smanjanje prinosa (Jeong i sar., 2021). Ovi simptomi se

javljaju u mešanim infekcijama sa ASPV i ASGV, pa je teško izdvojiti primarnog prouzrokača ovakvih pojava (Slika 3).

Prenosi se zaraženim sadnim materijalom, podlogama i kalem grančicama. Iako je u zasadima primećeno širenje virusa, vektor nije utvrđen. Ne prenosi se polenom i semenom.

Za detekciju se koriste biološke, serološke i molekularne metode.

Osnovna mera kontrole je proizvodnja i korišćenje bezvirusnog sadnog materijala.



Slika 3. Mešana infekcija virusa hlorotične lisne pegavosti jabuke i virusa jamičavosti stabla jabuke: deformacija i kamenitost ploda kruške

Virus mozaika jabuke Apple mosaic virus, ApMV

Virus mozaika jabuke je rasprostranjen svuda u svetu.

Član je roda *Ilarvirus*, familija Bromoviridae. Jednolančana RNK genoma ApMV sastoji se od tri segmenta (RNA 1, RNA 2 i RNA 3) (Ciešlińska i Valasevich, 2016).

Domaćini ApMV su brojne vrste biljaka, uključujući jabuku, lešnik, jagodu, kajsiju, trešnju, badem, ribizlu, malinu, krušku i kesten.

Simptovi infekcije su svetložute i bele pege, tačke, linije i hloroza nerava i lako se uočavaju na listovima osetljivih sorti jabuke. Na plodovima i drugim delovima stabla nema simptoma. Simptomi kod kruške nisu primećeni i nisu zabeležene ekonomske štete. Za razliku od kruške, kod osetljivih sorti leske i badema utvrđeno je da ApMV utiče na smanjenje prinosa od 42%, odnosno 25% (Aramburu i Rovira, 1995; Martelli i Savino, 1997).

ApMV se prenosi zaraženim sadnim materijalom. U zasadima je primećeno širenje virusa i pretpostavka je da se virus prenosi putem srastanja korena susednih stabala (Paunović i sar., 2011). Ne prenosi se zaraženim polenom niti semenom.

Za detekciju se koriste iste metode kao i za druge viruse jabuke.

Osnovna mera kontrole je korišćenje zdravog sadnog materijala.

Viroid mehuravih rak rana kruške Pear blister canker viroid, PBCVd

Bolest mehuravih rak rana kruške je prvi put saopštena u Francuskoj (Desvignes, 1970). Bolest je opisana u velikom broju zemalja širom sveta. I pored uočenih simptoma na stablima koji mogu ukazivati na prisustvo PBCVd, njegovo prisustvo još uvek nije potvrđeno u našoj zemlji.

PBCVd je član porodice Pospiviroidae, rod *Apscaviroid*. Sastoji se od cirkularne RNK veličine 315 nukleotida (Hernandez i sar., 1992), ali su saopštene i varijante sa 312–316 nukleotida (Yesilcollou i sar., 2010).

Domaćini PBCVd su brojne vrste iz rodova *Malus*, *Pyrus*, *Cydonia* i *Crataegus*.

Najveći broj komercijalno značajnih sorti kruške ne pokazuje simptome zaraze. Na indikatorima 'A20', 'Fieud 37' i 'Fieud 110' javlja se nekroza lisnih peteljki i listova, mehurovi, pucanje i ljuštenje kore grana i debla (slika 4), i propadanje čitavog stabla (Desvignes i sar., 1999). Na plodovima lokalne grčke sorte kruške 'Kontoula' zabeležena je pojava mehuravih rak rana na granama i grančicama (Kaponi i sar., 2009). U literaturi nisu opisane nikakve promene na lišću i plodovima prouzrokovane ovim viroidom. U uslovima latentne zaraze, bujnost i rodnost stabala može biti umanjena.

PBCVd se prenosi putem zaraženog sadnog materijala i preko alata za rezidbu i kalemljenje (Flores i sar., 2011). Tokom procesa kalemljenja i rezidbe, neophodna je redovna dezinfekcija makaza, noževa i testera.

Danas se za dijagnostiku PBCVd i drugih viroida koriste RT-PCR i qRT-PCR metoda (Lin i sar., 2011; Malanadraki i sar., 2015).

Osnovna mera kontrole je korišćenje bezvirusnog sadnog materijala.



Slika 4. Viroid mehuravih rak rana kruške: pucanje i ljuštenje kore debla kruške

Viroid plutavosti pokožice ploda jabuke Apple scar skin viroid, ASSVd

Viroid plutavosti pokožice ploda jabuke je zabeležen u velikom broju zemalja. U Srbiji je njegovo prisustvo potvrđeno samo na jabuci (Jevremović i Paunović, 2005).

ASSVd je član roda *Apscaviroid*, familija Pospiviroidae. Sastoji se od cirkularne RNK veličine 315–340 nukleotida.

Domaćini ASSVd su jabučaste i koštičave vrste voćaka (jabuka, kruška, dunja, kajsija, breskva i trešnja).

Komercijalno značajne sorte kruške ne pokazuju simptome zaraze ASSVd. Kod sorti kineske kruške (*Pyrus ussuriensis*) 'Xuehuali' i 'Yali' javlja se naboranost plodova, kao i rđavost pokožice ploda. Na plodovima nekih japanski sorti kruške uočena je pojava jamičavosti (Shamloul i sar., 2004). U Grčkoj su na stablima zaražene sorte kruške 'Kontoula' zabeležene pojave rđaste prevlake, ožiljaka i pucanje plodova (Kaponi i sar., 2009).

ASSVd se prenosi putem zaraženog sadnog materijala i kao i ostali viroidi roda *Apscaviroid* može se preneti preko alata za kalemljenje i rezidbu.

Za dijagnostiku ASSVd koristi se RT-PCR i qRT-PCR metoda.

Osnovna mera kontrole je korišćenje bezvirusnog sadnog materijala.

ZAKLJUČAK

Virusi i viroidi u proizvodnji kruške ne predstavljaju značajan problem. Kod najvećeg broja komercijalno značajnih sorti ne izazivaju jasno vidljive simptome, ali ne treba zanemariti njihov značaj jer u krajnjoj liniji mogu uticati na smanjenje prinosa i pogoršanje kvaliteta ploda. U suzbijanju bolesti kruške prouzrokovanih virusima i viroidima osnovna mera je proizvodnja i korišćenje bezvirusnog sadnog materijala.

Zahvalnica

Rad je nastao kao rezultat istraživanja u okviru Ugovora o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada u 2023. godini između Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i Instituta za voćarstvo, Čačak; evidencioni broj 451-03-47/2023-01/200215.

LITERATURA

- Ashraf, M. A., Murtaza, N., Brown, J. K., Yu, N. (2023): In silico apple genome-encoded microRNA target binding sites targeting apple chlorotic leaf spot virus. *Horticulturae*, 9, 808.
- Aramburu, J. M., Rovira, M. (1995): Effect of apple mosaic virus (ApMV) on the growth and yield of "Negret" hazelnut. *Acta Horticulturae*, 386, 565-568.
- Cieślińska, M., Valasevich, N. (2016): Characterization of apple mosaic virus isolates detected in hazelnut in Poland. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 123, 187-192.
- Desvignes, J. C. (1970): Les maladies á virus du poirer et leur détection. CTIFL Documents, 26, 1-12.
- Desvignes, J. C., Cornaggia, D., Grasseau, N., Ambrós, S., Flores, R. (1999): Pear blister canker viroid: host range and improved bioassay with two new pear indicators, Fieud 37 and Fieud 110. *Plant Disease*, 83, 419-422.
- FAOSTAT (2023): <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (pristupljeno 09. 10. 2023. godine).
- Flores, R., Ambrós, S., Llácer, G., Hernández, C. (2011): Pear blister canker viroid. In: A. Hadidi, M. Barba, T. Candresse, Jelkmann W. (eds.), *Virus and Virus-Like Diseases of Pome and Stone Fruits*. The American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN, USA, 63-66.
- James, D., Varga, A., Jespersion, G. D., Navratil, M., Safarova, D., Constable, F., Horner, M., Eastwell, K., Jelkmann, W. (2013): Identification and complete genome analysis of a virus variant or putative new foveavirus associated with apple green crinkle disease. *Archives of Virology*, 158 (9), 1877-1887.
- Jelkmann, W. (1994): Nucleotide sequences of apple stem pitting virus and of the coat protein gene of a similar virus from pear associated with vein yellows disease and their relationship with potex- and carlaviruses. *Journal of General Virology*, 75, 1535-1542.
- Jelkmann, W., Paunović, S. (2011): Chapter 8. Apple stem pitting virus. In: A. Hadidi, M. Barba, T. Candresse, Jelkmann W. (eds.), *Virus and Virus-Like Diseases of Pome and Stone Fruits*. The American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN, USA, 35-40.
- Jevremović, D., Paunović, S. (2005): Molekularna detekcija infektivnih patogena voćaka. *Zbornik radova 6. smotre radova mladih naučnih radnika iz oblasti biotehnike, Rimski Šančevi*, 40-41.
- Jeong, W. W., Go S. M., Jeong R. D. (2021): Rapid and specific detection of apple chlorotic leaf spot virus in pear by reverse-transcription recombinase polymerase amplification. *Acta virologica*, 65, 237-241.
- Kaponi, M. S., Luigi, M., Barba, M., Kyriakopoulou, P. E. (2009): Molecular characterization of Hellenic variants of apple scar skin viroid and pear blister canker viroid in pome fruit trees. *Proceedings of the 21st International Conference on Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops, Neustadt, Germany*, 366-372.

- Lin, L., Li, R., Mock, R., Kinard, G. (2011): Development of a polyprobe to detect six viroids of pome and stone fruit trees. *Journal of Virological Methods*, 171, 91-97.
- Hernández, C., Elena, S. F., Moya, A., Flores, R. (1992): Pear blister canker viroid is a member of the apple scar skin subgroup (apscaviroids) and also has sequence homology with viroids from other subgroups. *Journal of General Virology*, 73, 2503-2507.
- Hong, K. H., Kim, Y. S., Kim, W. C., Kim, J. B., Lee, U. J., Lee, E. J., Cho, W. D., Cho, E. K. (1985): Studies on the abnormal spot disease in pear leaf. *Research Reports of the Rural Development Administration-Horticulture*, 27, 46-55.
- Malandraki, I., Varveri, C., Olmos, A., Vassilakos, N. (2015): One-step multiplex quantitative RT-PCR for the simultaneous detection of viroids and phytoplasmas of pome fruit trees. *Journal of Virological Methods*, 213, 12-17.
- Martelli, G. P., Savino, V. (1997): Infectious diseases of almond with special reference to the Mediterranean area. *EPPO Bulletin*, 27, 525-534.
- Nam, K. W., Kim, C. H. (1994): Studies on the pear abnormal leaf spot disease 1. Occurrence and damage. *Korean Journal of Plant Pathology*, 10, 169-174.
- OEPP/EPPO (1999): Certification schemes, Pathogen-tested material of *Malus*, *Pyrus* and *Cydonia*. *EPPO Bulletin*, 29, 239-252.
- Paunović, S., Ranković, M. (2000): Virusi i njima slični patogeni jabuke. *Biljni lekar*, 28, 481-490.
- Paunović, S., Maksimović, V., Ranković, M., Radović, S. (1999) Characterization of a virus associated with pear stony pit in cv. Wurttemberg. *Journal of Phytopathology-Phytopathologische Zeitschrift*, 147, 695-700.
- Paunović, S., Jevremović, D. (2008): Comparative results of detection of pome fruit viruses by different methods. *Acta Horticulturae*, 781, 147-154.
- Paunović, S., Pasquini, G., Barba, M. (2011): Chapter 18. Apple mosaic virus in stone fruits. In: *Virus and Virus-Like Diseases of Pome and Stone Fruits* (Hadidi, A., Barba, M., Candresse, T., Jelkmann W., Eds.), The American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN, USA, 91-95.
- Pilotti, M., Faggioli, F., Barba, M. (1995): Characterization of Italian isolates of pear vein yellows virus. *Acta Horticulturae*, 386, 148-154.
- Shamloul, A.M., Yang, X., Han, L., Hadidi, A. (2004): Characterization of a new variant of apple scar skin viroid associated with pear fruit crinkle disease. *Journal of Plant Pathology*, 86, 249-256.
- Shokri, S., Shujaei, K., Gibbs, A.J., Hajizadeh, M. (2023): Evolution and biogeography of apple stem grooving virus. *Virology Journal*, 20, 105.
- Yesilcollou, S., Minoia, S., Torchetti, E. M., Kaymak, S., Gumus, M., Myrta, A., Navarro, B., Serio, F. (2010): Molecular characterization of Turkish isolates of pear blister canker viroid and assessment of the sequence variability of this viroid. *Journal of Plant Pathology*, 92, 813-819.

Abstract

VIRUSES AND VIROIDS INFECTING PEARS

Darko Jevremović, Bojana Vasiljević, Vera Katanić

Fruit Research Institute, Čačak

E-mail: darkoj@ftn.kg.ac.rs

One of the most common fruit species in the world is the pears. Compared to stone and small fruit trees, pears and other pome fruits are infected by a lesser number of viruses and viroids. The majority of commercial pear cultivars do not exhibit symptoms on their leaves, fruits, or other plant parts due to viruses. Only foliage and fruits show symptoms in susceptible cultivars. Apple stem pitting virus (ASPV), apple stem grooving virus (ASGV), apple chlorotic leaf spot virus (ACLSV), and apple mosaic virus (ApMV) are widespread and economically significant pear viruses. Pear blister canker viroid (PBCVd) and apple scar skin viroid (ASSVd) are the most dangerous viroids infecting pears.

Key words: pear, viruses, viroids, detection, control measures