

VIRUSI I VIROIDI JABUKE

Darko Jevremović, Bojana Vasiljević

Institut za voćarstvo, Čačak

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

Izvod

Po proizvedenim količinama plodova voćaka jabuka se nalazi na trećem mestu u svetu, posle banana i pomorandži. U Srbiji je u poslednjoj deceniji proizvodnja jabuke gotovo udvostručena. U odnosu na druge vrste voćaka jabuku napada manji broj virusa i viroida. Većina virusa ne izaziva vidljive simptome na biljnim organima, pa stabla deluju potpuno zdrava, ali kod osetljivih sorti dolazi do smanjenja prinosa. Po rasprostranjenosti i ekonomskom značaju izdvajaju se četiri virusa jabuke: virus jamičavosti stabla jabuke (apple stem pitting virus, ASPV), virus brazdavosti stabla jabuke (apple stem grooving virus, ASGV), virus hlortične lisne pegavosti jabuke (apple chlorotic leaf spot virus, ACLSV) i virus mozaika jabuke (apple mosaic virus, ApMV). Od viroida, po štetnosti se izdvaja viroid plutavosti pokožice ploda jabuke (apple scar skin viroid, ASSVd).

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

UVOD

Jabuka se u svetu gaji na oko 4,6 miliona hektara na kojima se proizvede preko 86 miliona t plodova, dok se u Srbiji proizvede prosečno oko 450.000 t plodova godišnje (FAOSTAT, 2022). Proizvodnju jabuke ugrožavaju brojni patogeni i štetoci-ne. Pored velikog broja fitopatogenih gljiva, nekoliko bakterija i fitoplazmi i virusi spadaju u ekonomski značajne patogene jabuke. Kod osetljivih sorti virusne bolesti mogu prouzrokovati značajne ekonomske štete. Štete se ogledaju u smanjenju prinosa, pogoršanju kvaliteta plodova i životnog veka voćaka. Većina virusa koji zaražavaju jabuku izazivaju latentne zaraze bez spolja vidljivih simptoma. Upravo iz ovog razloga proizvođači nisu ni svesni da u zasadu imaju zaražene biljke. Virus jabuke se najčešće prenose putem zaraženog sadnog i reproduktionog materijala. I pored činjenice da su virusi jabuke odavno identifikovani, još uvek nisu dovoljno proučeni, naročito u pogledu epidemioloških karakteristika. Vektori virusa nisu poznati iako je širenje virusa evidentirano u velikom broju zasada. Zaražene biljke

se ne mogu izlečiti i jedine mere kontrole koje se mogu preduzeti su preventivne. Proizvodnja i korišćenje bezvirusnog sadnog materijala je osnovna mera kontrole.

Ekonomski najznačajniji virusi jabuke 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). Na severno-američkom kontinentu velike probleme u proizvodnji pričinjava i virus prstenaste pegavosti paradajza (Tomato ringspot virus, ToRSV). Od viroida, po značaju se izdvaja viroid plutavosti pokožice ploda jabuke (Apple scar skin viroid, ASSVd).

Virus jamičavosti stabla jabuke

Virus jamičavosti stabla jabuke je rasprostranjen svuda gde se gaje jabučaste vrste voćaka. Čest je u mešovitim zarazama sa drugim virusima. U Srbiji je prisutan na svim jabučastim vrstama voćaka (Paunović i Ranković, 2000).

ASPV je virus sa pozitivnim jednolančanim RNK genomom – ss (+) RNA. Genom sadrži pet otvorenih okvira čitanja (open reading frames, ORFs) sa 9.200–9.300 nukleotida. Član je roda *Foveavirus*, familija Betaflexiviridae (Mathioudakis i sar., 2021).

Prirodni domaćini su jabuka, kruška, dunja i mušmula.

Na većini gajenih sorti jabuke ne izaziva simptome, dok kod osetljivih sorti, kao što su 'Charden' and 'Reinette Clochard', izaziva karakteristične jamice na površini stabla (Desvignes i sar., 1999). Idenične simptome izaziva kod indikatora *Malus pumila* 'Virginia crab'. Plodovi sa zaraženih stabala su sitniji. Kod indikatora 'Spy 227' javlja se epinastija i propadanje stabala. U Japanu pričinjava velike štete i dovodi do sušenja stabala kalemljenih na podlozi *Malus sieboldii* (Yoshikawa, 2008). Kod osetljivih podloga izaziva jamičavost stabla, epinastiju i kovrdžavost lišća, nekrozu glavnih nerava i šarenilo lišća, kao i sušenje stabala. Neki sojevi ASPV izazivaju prosvetljavanje nerava i kamenitost plodova kruške, kao i deformacije i kamenitost plodova dunje (Jelkmann i Paunović, 2011).

ASPV se prenosi zaraženim sadnim materijalom. Zapaženo je i širenje virusa u zasadu, ali nije utvrđen način širenja.

Za detekciju ASPV koristi se biološki test sa odgovarajućim zeljastim i drvenastim indikatorima na kojima se rezultati očitavaju u periodu od 8 nedelja do 2 godine (OEPP/EPPPO, 1999). U primeni je i ELISA test, a testiranje se vrši iz dormantnih grančica tokom zime i starijeg lišća tokom leta. U poslednje dve decenije dominira RT-PCR metoda za ranu detekciju virusa tokom sprovođenja sistema sertifikacije sadnog materijala (Paunović i Jevremović, 2008).

Osnovna mera kontrole je korišćenje bezvirusnog sadnog materijala.

Virus brazdavosti debila jabuke

Virus brazdavosti stabla jabuke je rasprostranjen svuda gde se gaji jabuka i druge jabučaste vrste voćaka. U literaturi nema podataka o ekonomskoj štetnosti virusa jer izaziva latentne infekcije.

ASGV je tipski član roda *Capillovirus*, familija Betaflexiviridae (King i sar., 2012). Ovo je virus sa pozitivnim jednolančanim RNK genomom koji poseduje dva ORF-a koji se preklapaju i kodiraju proteine od 241 i 36 kDa (Chen i sar., 2014).

Domaćini su jabuka, kruška, dunja i citrusi.

Na komercijalnim sortama jabuke ne izaziva vidljive simptome. Kod indikatora *Malus pumila* 'Virginia Crab' izaziva zaostajanje u porastu i prelome na spojnom mestu – inkompatibilnost podloge i sorte. Tipični simptomi su široke i duge brazde duž stabla. Iznad spojnog mesta javljaju se zadebljanja i tamne nekrotične pege. Svi ovi simptomi se lako uočavaju kada se skine kora debila u zoni oko spojnog mesta.

ASGV se prenosi zaraženim sadnim materijalom. Zapaženo je i širenje u zasadu, ali nije utvrđen način širenja.

Za detekciju se koriste iste metode kao i za virus jamičavosti sabla jabuke. Osnovna mera kontrole je korišćenje bezvirusnog sadnog materijala.

Virus hlorotične lisne pegavosti jabuke

Virus hlorotične lisne pegavosti jabuke je prisutan na svim kontinentima. Jedan je od najrasprostranjenijih virusa voćaka. Uglavnom ne izaziva vidljive simptome pa se njegova štetnost teško može kvantifikovati. Smatra se da utiče na vitalnost stabala i kompatibilnost sorte i podloge. Čest je u mešanim infekcijama sa APSV i ASGV.

ACLSV pripada rodu *Trichovirus*, familija Betaflexiviridae. Genom virusa je ss (+) RNA koji sadrži 7545–7555 nukleotida (Canales i sar., 2021), sadrži tri otvorena okvira čitanja koji kodiraju 216-kDa replication-associated protein, 50-kDa movement protein i 22-kDa coat protein (Guo i sar., 2016).

Domaćini su jabuka, kruška, dunja i koštičave vrste voćaka.

Na većini komercijalno gajenih sorti jabuke ne izaziva vidljive simptome. U SAD na sorti 'Red Delicious' kalemljenoj na podlozi G.935 ACLSV u mešanoj infekciji sa ASPV izaziva kržljivost i propadanje stabala. Karakterističan simptom je i prstenasta pegavost na plodovima ove sorte. Na indikator biljkama ('Spy 227', *Malus platycarpa* i ruski klon R12740-7A) izaziva mozaik, kružne pege, naboranost lišća i deformacije listova. U Japanu je prouzrokovao važne bolesti strabala jabuke kalemljenih na podlozi *Malus prunifolia* 'Ringo' (Barba i sar., 2015).

ACLSV se prenosi zaraženim sadnim i reprodukcijom materijalom. U zasadu

je primećeno sporo širenje virusa, ali je prenosilac još uvek nepoznat. Nema potvrde prenošenja virusa putem polena i semena.

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

Osnovna mera kontrole je korišćenje bezvirusnog sadnog materijala.

Virus mozaika jabuke

Virus mozaika jabuke je rasprostranjen na svim kontinentima. Zbog karakterističnih simptoma lako se uočava na lišću osteljivih sorti. U slučajevima visoke zaraze utiče na smanjenje prinosa za 30–50% i vegetativnog porasta za 50% (Cembali i sar., 2003). U Evropi je više raširen na vrstama iz roda *Prunus* i na leski, nego na vrstama roda *Malus* (Paunović i sar., 2011).

Član je roda *Ilarvirus*, familija Bromoviridae. ApMV je virus sa pozitivnim jednolančanim RNK genomom (ss (+) RNA). Genom ApMV se sastoji od RNA 1, RNA 2, RNA 3 i subgenomske RNA 4 (Roosinck i sar., 2005).

Glavni domaćini virusa su jabuka, leska i malina. Pored njih može zaraziti krušku i brojne *Prunus* vrste.

Tipični simptomi na listovima su svetložute pege (slika 1), tačke i linije, hloroza nerava listova jabuke. Kod nekih sorti jabuke simptomi su lokalizovani na nekoliko grana, dok su kod nekih simptomi prisutni na celokupnom stablu.



Slika 1. Virus mozaika jabuke: pegavost lista jabuke

Kako bolest napreduje, bela i svetlo žuta boja pega prelazi u mrku (slika 2). Kod zaraženih stabala često dolazi i do ranijeg opadanja lišća u jesen. Zaražena stabla imaju usporeni porast sa smanjenim prinosem. Na grančicama i plodovima nema simptoma.



Slika 2. Virus mozaika jabuke: bele i svetlo žute pege na listu jabuke

ApMV se prenosi zaraženim sadnim materijalom, putem zaraženih podloga i pupoljaka tokom proizvodnje sadnog materijala. U literaturi se navodi da se virus prenosi i srastanjem korena susednih stabala (Paunović i sar., 2011). Ne prenosi se zaraženim polenom jabuke niti insektima.

Za detekciju se koriste iste metode kao i za druge viruse jabuke (OEPP/EPPO, 1999).

Osnovna mera kontrole je proizvodnja i korišćenje bezvirusnog sadnog materijala. S obzirom na činjenicu da nema poznatih vektora uklanjanje zaraženih stabala iz zasada nije potrebno.

Viroid plutavosti pokožice ploda jabuke

Viroid plutavosti pokožice ploda jabuke je prvi viroid koji je opisan kod jabučastih vrsta voćaka. Prisutan je u velikom broju zemalja, a u Srbiji je potvrđen 2005. godine (Jevremović i Paunović, 2005).

ASSVd je član roda *Apscaviroid*, porodica Pospiviroidae. Sastoji se od cirkularne RNK veličine od oko 330 nukleotida.

Od gajenih vrsta voćaka domaćini ASSVd su jabuka, kruška, trešnja, breskva i kajsija.

ASSVd izaziva simptome na plodovima jabuke čime umanjuje njihovu tržišnu vrednost. Karakteristični simptomi su plutavost pokožice, pre svega na sortama crvenih plodova. Na plodovima se najpre javljaju zelene i mrke pege sa ožiljcima. Plodovi obično ostaju sitni, tvrdi i nepravilno sazrevaju (slika 3). Na zaraženim stablima gotovo svi plodovi pokazuju simptome. Naročito osetljive sorte su 'Golden Delicious', 'Red Delicious' i njihovi klonovi (Sharma i sar., 2020).



Slika 3. Viroid plutavosti pokožice ploda jabuke: plutavost pokožice i ožiljci na plodovima jabuke

Osnovni vid prenošenja je putem zaraženog sadnog materijala. Potencijalno se može preneti i preko alata za rezidbu pa ga nakon upotrebe treba obavezno dezinfikovati. Eksperimentalno je prenet i putem bele leptiraste vaši na zeljaste indikatore (Walia i sar., 2015).

Na plodovima indikatora 'Golden Delicious' ASSVd izaziva pojavu ožiljaka i svetle kružne pege. Danas se za dijagnostiku ASSVd primarno koristi RT-PCR metoda.

Osnovna mera kontrole je proizvodnja i korišćenje bezvirusnog sadnog materijala.

ZAKLJUČAK

Virusi i viroidi jabuke se u proizvodnoj praksi ne smatraju značajnim prouzročivačima bolesti jabuke jer na velikom broju komercijalno značajnih sorti ne izazivaju vidljive simptome. To nikako ne umanjuje njihov značaj jer mogu prouzročiti velike probleme u proizvodnji kroz smanjenje prinosa i pogoršanje kvaliteta ploda. Uticaj virusa ogleda se i u skraćenju životnog veka stabala osjetljivih sorti jer negativno utiče na kompatibilnost plemke i podloge.

Proizvodnja zdravog sadnog materijala jabuke je najvažnija mera u suzbijanju virusa i viroida jabuke.

Zahvalnica

Rad je nastao kao rezultat istraživanja u okviru Ugovora o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada u 2022. godini između Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i Instituta za voćarstvo, Čačak, evidencioni broj 451-03-68/2022-14/200215.

LITERATURA

- Barba, M., Ilardi, V., Pasquini, G. (2015): Control of pome and stone fruit virus diseases. *Advances in Virus Research*, 91:47-83
- Canales, C., Morán, F., Olmos, A., Ruiz-García, A.B. (2021): First detection and molecular characterization of apple stem grooving virus, apple chlorotic leaf spot virus, and apple hammerhead viroid in loquat in Spain. *Plants*, 10: 2293.
- Cembali, T.R., Folwell, J., Wand-Schneider, P., Eastwell, K.C., Howell, W.E. (2003): Economic implications of a virus prevention program in deciduous tree fruits in the US. *Crop Protection*, 22: 1149-1156.
- Chen, S., Ye, T., Hao, L., Chen, H., Wang, S., Fan, Z., Guo, L., Zhou, T. (2014): Infection of apple by apple stem grooving virus leads to extensive alterations in gene expression patterns but no disease symptoms. *PLoS One*, 9(4): e95239.
- Desvignes J.C., Boye R., Cornaggia D., Grasseau N. (1999): *Virus Diseases of Fruit Trees*. Editions CTIFL, Paris, France.
- FAOSTAT (2022): <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (pristupljeno 19. 9. 2022. godine)
- Guo, W., Zheng, W., Wang, M., Li, X., Ma, Y., Dai, H. (2016): Genome sequences of three apple chlorotic leaf spot virus isolates from hawthorns in China. *PLoS One*, 11 (8): e0161099.

- 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, pp. 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, pp. 40-41.
- King, A.M., Adams, M.J., Carstens, E.B., Lefkowitz, E.J. (2012): *Virus taxonomy: Classification and nomenclature of viruses: Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. San Diego, Elsevier, 931-934.
- Mathioudakis, M.M., Maliogka, V.I., Candresse, T., Nickel, O., Fajardo, T.V.M., Budzyńska, D., Hasiów-Jaroszewska, B., Katis, N.I. (2021): Molecular characterization of the coat protein gene of greek apple stem pitting virus isolates: evolution through deletions, insertions, and recombination events. *Plants*, 10: 917.
- OEPP/EPPO (1999): Certification schemes, Pathogen-tested material of *Malus*, *Pyrus* and *Cydonia*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 29: 239-252.
- Paunović, S., Ranković, M. (2000): Virusi i njima slični patogeni jabuke. *Biljni lekar*, 28(6): 481-490.
- 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: 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, pp. 91-95.
- Roossinck, M.J., Bujarski, J., Ding, S.W., Hajimarad, R., Hanada, K., Scott S., Tousignant, M. (2005): Bromoviridae. In: (C.M. Fauquet, M.A. Mayo, J. Maniloff, U. Desselberger, L.A. Ball, (eds.), *Virus Taxonomy*. Eight Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses Elsevier/Academic Press, Amsterdam, Netherlands, pp. 1049-1058.
- Sharma, U., Watpade, S., Gupta, B., Raigond, B., Kumari, N., Bhardwaj, P., Handa, A., Gupta, P. (2020): Economic losses due to infection by apple scar skin viroid in Himachal Pradesh, India. *Virus Disease*, 31(4): 490-496.
- Walia, Y., Dhir, S., Zaidi, A.A., Hallan, V. (2015): Apple scar skin viroid naked RNA is actively transmitted by the whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. *RNA Biology*, 12(10): 1131-1138.
- Yoshikawa, N. (2008): Capillovirus, Foveavirus, Trichovirus, Vitivirus. In: B.W.J. Mahy, and M.H.V. Van Regenmortel (eds.), *Encyclopedia of Virology*, 3rd edition. Academic Press, Cambridge, MA, USA, pp. 419-427.

Abstract

APPLE VIRUSES AND VIROIDS

Darko Jevremović, Bojana Vasiljević

Fruit Research Institute, Čačak

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

Apples are the third most produced fruit in the world, behind bananas and oranges, in terms of volume. Over the past ten years, Serbia's apple production has nearly doubled. Apples are less subjected to viral and viroid attacks than other fruit species. Most viruses cause no visible symptoms on the plant's organs, and the trees either seem to be in good condition or, in the case of sensitive cultivars, their yield is reduced. Apple stem pitting virus (ASPV), apple stem grooving virus (ASGV), apple chlorotic leaf spot virus (ACLSV), and apple mosaic virus (ApMV) are four apple economically important and widely distributed viruses. Among the viroids, the apple scar skin viroid (ASSVd) is particularly destructive for apple production.

Key words: apple, virus, viroid, detection, control measures