

EKONOMSKI ZNAČAJNE VIROZE PAPRIKE U SRBIJI

**Branka Krstić¹, Ivana Stanković¹, Dragana Milošević²,
Ana Vučurović¹, Katarina Zečević¹**

¹Univerzitet u Beogradu-Poljoprivredni fakultet, Beograd

²Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

E-mail: homemadeent@gmail.com

Rad primljen: 21.12.2017.

Prihvaćen za štampu: 29.12.2017.

Izvod

Brojnost virusa koji zaražavaju papriku, kao i učestalost njihove pojave, značajno se povećala poslednjih 30 godina. Uzrok tome je, verovatno, kombinacija različitih faktora, kao što su ekspanzija i intenzivnije gajenje paprike, povećan obim međunarodne trgovine biljnog materijala čime je povećan rizik unošenja virusa i njihovih vektora u nove regione sveta i lokalitete, kao i klimatske promene koje odgovaraju širenju virusa i njihovih vektora. Do sada je utvrđeno da 68 virusa može da zarazi papriku. Većina virusa paprike je raširena celim svetom, ali ima i izuzetaka, koji su prisutni samo u određenim delovima sveta. Virusi paprike izazivaju ispoljavanje različitih tipova simptoma, a najčešći su mozaik, šarenilo i deformacija lišća koji imaju za posledicu smanjenje porasta biljaka i prinosa. Više od polovine virusa paprike se prenosi biljnim vašima, a drugi česti virusi se prenose leptirastim vašima, tripsima ili mehanički. U Srbiji je utvrđeno prisustvo pet virusa: virus mozaika krastavca (*Cucumber mosaic virus*, CMV), virus crtičastog mozaika krompira (*Potato virus Y*, PVY), virus bronzavosti paradajza (*Tomato spotted wilt orthotospovirus*, TSWV), virus mozaika lucerke (*Alfalfa mosaic virus*, AMV) i virus mozaika duvana (*Tobacco mosaic virus*, TMV), s tim što su prevalentni CMV i PVY. Neki od tih virusa prouzrokuju značajne gubitke u prinosu. Za svaki ekonomski važan virus u Srbiji navedene su mere kontrole.

Ključne reči: virusi paprike, virus crtičastog mozaika krompira, virus mozaika krastavca, virus bronzavosti paradajza, virus mozaika lucerke, virus mozaika duvana

UVOD

Oboljenja izazvana fitopatogenim virusima predstavljaju ograničavajući faktor uspešne proizvodnje paprike u mnogim delovima sveta. Brojnost virusa koji zaražavaju papriku stalno raste. Tako, Martelli and Quacquarelli (1983) navode da više od 20 virusa svrstanih u 15 taksonomskih grupa može da zarazi papriku u prirodnim uslovima. Green and Kim (1991) navode listu od 35 virusa koji mogu da zaraze papriku, a samo 12 godina kasnije brojnost virusa na listi je porasla na 68 vrsta (Pernezny et al., 2003). Osim brojnosti virusa, i učestalost njihove pojave u usevima paprike je znatno porasla u poslednje tri decenije. Uzrok tome je, verovatno, kombinacija različitih faktora, kao što su intenzifikacija i ekspanzija gajenja paprika,

povećan obim međunarodne trgovine semena, rasada i svežih proizvoda koji su mogućí način prenošenja virusa i njihovih vektora u nove regione sveta i lokalitete, kao i klimatske promene koje odgovaraju širenju virusa i njihovih vektora (Kenyon et al., 2014). Povećanjem učestalosti pojave različitih vrsta virusa, omogućena je pojava kompleksnih infekcija, od kojih mnoge vode ka sinergističkoj interakciji između virusa. Posledica sinergizma je uglavnom jače ispoljavanje simptoma ili smanjenje otpornosti biljke domaćina. Takođe, kompleksne zaraze različitih sojeva istog virusa pružaju mogućnost za rekombinacije ili pseudorekombinacije što za posledicu može da ima pojavu novih agresivnijih i virulentnijih sojeva.

Po Martelli and Quacquarelli (1983), u zaštićenom prostoru se češće javljaju virusi koji pripadaju rodovima *Tobamo*-, *Potex*- and *Tombusvirus* koji se prenose mehanički i/ili „putem zemljišta“ bez prisustva vektora, odnosno ovi virusi dugo zadržavaju infektivnost u biljnim ostacima u zemljištu, pa se prilikom dodira sa novim klijancima ostvaruje zaraza. Isti autori navode da su za gajenje paprike na otvorenom polju, značajniji virusi koji se prenose insektima, kao što su neki virusi koji pripadaju rodovima *Poty*-, *Cucumo*-, *Luteo*- i *Geminivirus* (Kenyon et al., 2014). Takođe, smatraju da najvažniji virusi infektivni za papriku pripadaju grupama koje se prenose lisnim ili leptirastim vašima ili tripsima. Jedna od karakteristika ovih vektorskih grupa je da relativno brzo razvijaju rezistentnost prema uobičajeno korišćenim insekticidima.

Virusi koji se najčešće navode kao široko rasprostranjeni i koji izazivaju značajne gubitke u proizvodnji u većini regiona gajenja paprika su: virus mozaika krastavca (*Cucumber mosaic virus*, CMV), Y virus krompira (*Potato virus Y*, PVY), virus bronzavosti paradajza (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV), virus mozaika duvana (*Tobacco mosaic virus*, TMV) i virus mozaika lucerke (*Alfalfa mosaic virus*, AMV), dok su drugi još uvek vezani samo za određena geografska područja gde su prisutni njihovi vektori (*Begomovirus* rod), mada se ubrzano šire svetom (Pernezny et al., 2003). Prevalentnost virusa se vremenski i prostorno menja, pa je potrebna stalna inventarizacija virusa u određenom usevu. Tako su ispitivanja sprovedena u Srbiji 2007. godine na devet lokaliteta gajenja paprike, pokazala prisustvo virusa iz dve osnovne grupacije: ekonomski štetni (CMV, AMV i TMV) i karantinski (TSWV) (Tomić i sar., 2007), a istraživanja sprovedena 2009. i 2010. godine pokazuju da su i u zaštićenom prostoru i na otvorenom polju dominantni CMV i PVY (Milošević, 2013).

Dosadašnja proučavanja viroza paprike u Srbiji (Tošić i sar., 1979; Krstić i sar., 1996; Mijatović i sar., 1999, 2005; Milošević, 2013), utvrdila su prisustvo sledećih virusa:

1. virus mozaika krastavca (*Cucumber mosaic virus*, CMV),
2. Y virus krompira (*Potato virus Y*, PVY),
3. virus bronzavosti paradajza (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV),
4. virus mozaika lucerke (*Alfalfa mosaic virus*, AMV),

5. virus mozaika duvana (*Tobacco mosaic virus*, TMV),
6. virus blagog šarenila paprike (*Pepper mild mottle virus*, PMMoV),
7. virus šarenila paprike (*Pepper mottle virus*, PepMoV) i
8. virus šarenila nerava paprike (*Pepper veinal mottle virus*, PepVMV).

Prvih pet virusa (CMV, PVY, TSWV, AMV i TMV) mogu da budu ekonomski značajni, mada se poslednjih godina dominantno prisustvo pripisuje CMV i PVY. PMMoV, PepMoV i PepVMV se javljaju sporadično i ne izazivaju veće štete u proizvodnji paprike u našoj zemlji. Istraživanja vezana za inventarizaciju virusa paprike u našoj zemlji, pokazuju da su i u zaštićenom prostoru i na otvorenom polju dominantni virusi koji se prenose biljnim vašima (Petrović i sar., 2010; Milošević, 2013).

NAJZNAČAJNIJI VIRUSI PAPRIKE U SRBIJI

Virus mozaika krastavca na paprici

Rasprostranjenost i značaj. CMV je prisutan u svim regionima gajenja paprike i u pojedinačnim ili mešanim infekcijama sa drugim virusima izaziva značajne gubitke u proizvodnji ove kulture širom sveta (Šutić, 1995). U Srbiji je CMV prvi put opisan 1956. godine na industrijskoj paprici u Horgošu kada je zajedno sa AMV prouzrokovao ogromne štete (Šutić, 1959), a novija istraživanja pokazuju da je ovaj virus jedan od najrasprostranjenijih i najzastupljenijih virusa paprike u našoj zemlji (Milošević, 2013).

Smanjenje prinosa koje ovaj virus izaziva varira iz godine u godinu i zavisi, pre svega, od prisustva i brojnosti vektora, faze razvoja biljaka u kojoj je došlo do zaraze i osetljivosti genotipa paprike (Pernezny et al., 2003). Pojedinih godina kada su zime blage, a proleća pro hladna i vlažna dolazi do prenamnoženja vaši i pojave oboljenja u epidemijским razmerama. Mijatović i sar. (1999) navode ovaj virus kao najrasprostranjeniji, kada je bio prisutan u svim ispitivanim lokalitetima gajenja paprike i kada se zaraza kretala i do 100%. Takođe, i 2007. godine bio je prevalentan u mnogim lokalitetima gajenja paprike kada se zaraza javljala i do 86% (Tomić i sar., 2007). Milošević (2013) je utvrdila dominantno prisustvo CMV i/ili PVY u proizvodnji rasada, kao i kod gajenja paprike u zaštićenom prostoru i na otvorenom polju.

Osobine virusa. Virus mozaika krastavca je član roda *Cucumovirus*, familije *Bromoviridae* i njegove čestice su izometrijske, prečnika oko 30 nm. Virus je multikomponentan i genom je višefragmentni. Genom čine tri linearne, infektivne, jednolančane genomne RNA (RNA1, RNA2, RNA3) i dve subgenomne RNA4 i RNA4A. RNA1 i RNA2 nalaze se u posebnim česticama, a RNA3 i subgenomne su zajedno u jednoj čestici (Francki et al., 1979). Da bi se ostvarila infekcija potrebno je prisustvo sve tri vrste čestica. Roossinck (2002) detaljno navodi organizaciju genoma, građu terminalnih struktura i virusno kodirane proteine. Na 5'-kraju svih

RNA nalazi se terminalni završetak "cap" sa metiliranim guaninom, a 3'-kraj se završava sa t-RNA sličnim završetkom. RNA1 je monocistronska i kodira protein označen kao 1a, koji ima funkciju metiltransferaze i helikaze. RNA 2 je bicistronska i kodira protein 2a koji ima funkciju virusne polimeraze i protein 2b koji ima ulogu u ispoljavanju virulentnosti i u širenju virusa u biljci. RNA3 je takođe bicistronska i kodira 3a protein (MP-movement protein) koji je uključen u kretanje virusa od ćelije do ćelije, kao i protein kapsida (CP, coat protein). Neki sojevi CMV imaju još jednu RNA, RNA5 koja predstavlja mešanu populaciju nukleotida konzervativnog 3'- terminalnog regiona genomnih RNA1 i RNA2. Ova RNA5 je opisana i kao CMV-udružena RNA 5 ili CARNA5. Smatra se da ova RNA ima ulogu u replikaciji CMV.

Varijabilnost. U prirodi, ovaj virus postoji kao kompleks veoma različitih sojeva koji mogu da se podele na dve podgrupe, podgrupa I i II, na osnovu seroloških međuodnosa, hibridizacije nukleinskih kiselina, homologije sekvenci gena i restriktionog polimorfizma dužine fragmenta (RFLP) (Gallitelli, 2000). Podgrupa I je najrasprostranjenija i obuhvata više od 80% svih do sada proučavanih izolata ovog virusa. Određen broj sojeva u okviru podgrupe I, koji vode poreklo iz Azije, razlikuju se u 7-12% nukleotidne sekvence od drugih sojeva ove podgrupe, pa je predložena podela ove podgrupe na IA (svi drugi osim azijskih sojeva) i IB (azijski sojevi). Raznovrsnost sojeva CMV uslovljena je ne samo mutacijama i rekombinacijama već i pseudorekombinacijama. Ovaj virus je multikomponentan i višedelan, odnosno ima genom koji se sastoji iz više segmenata, koji se mogu celi razmenjivati između različitih izolata i to se označava kao pseudorekombinacija. Ova pojava predstavlja veliku prednost CMV i služi za održavanje epidemiološke kompetentnosti u različitim ekološkim sredinama. Iako se ranije pretpostavljalo da je izmena genetskog materijala između tri genomna segmenta CMV u prirodi, kao i rekombinacija, retka pojava u populaciji virusa u prirodi, molekularne metode i filogenetska analiza sekvenci upućuje na veliku i značajnu ulogu rekombinacija i pseudorekombinacija u evoluciji CMV (Gallitelli, 2000).

Domaćini. CMV može da zarazi 1287 biljnih vrsta u okviru 518 rodova i 100 familija (Edwardson and Christie, 1997). Najvažniji domaćini ovog virusa od povrtarskih biljaka su: krastavac, lubenica, dinja, tikve, paprika, salata, spanać, paradajz, celer, rotkva i grašak; od leptirnjača za stočnu ishranu: lucerka i crvena detelina; a od raznih vrsta cveća: begonija, žavornjak, gladiola, ljiljan, petunija i cinija. Ovaj virus zaražava i brojne botanički različite korove. U našoj zemlji, pored zaraze paprike, prisustvo virusa dokazano je i na duvanu, paradajzu, običnoj tikvi, dinji, lucerki, crvenoj detelini i pasulju (Šutić, 1995; Mijatović i sar., 1999; Petrović, 2008; Stanković et al., 2011; Vučurović et al., 2012).

Simptomi. CMV na paprici izaziva veoma raznovrsne simptome na svim delovima biljke (Šutić, 1995; Krstić i Bulajić, 2008). Karakterističan simptom na lišću paprike je pojava blagog do umerenog mozaika na mlađem lišću i prstenastih pega ili hrastolikih nekrotičnih šara na starijem lišću. Kod nekih genotipova paprike zaražene liske su sužene i izdužene, dok je zaraženo lišće kod nekih genotipova paprike sitnije.

Osim toga, nekada su zaražene liske veće sa jako izraženim nervima i centralnim nervom u cik-cak položaju. Rane infekcije značajno smanjuju veličinu, brojnost i kvalitet plodova. Plodovi su neravnomerno obojeni često zahvaćeni mozaičnim šarenilom ili su kržljavi, deformisani i često sa nekrozom površinskog tkiva u slučaju ranih infekcija. Osim toga, nekroza se može javiti i duž stabla i peteljki ploda. Na zaraženim biljkama javlja se i metličavost vrha biljke, odnosno obrazovanje većeg broja grančica sa skraćenim internodijama i zbijenim lišćem.

Načini prenošenja i održavanja. CMV je virus koji se održava u mnogobrojnim korovskim vrstama koje pripadaju porodici Cucurbitaceae, ali i mnogim drugim biljnim familijama. Izrazito širok krug prirodnih domaćina, koji uključuje i mnogobrojne korovske vrste jedan od glavnih razloga opšte rasprostranjenosti CMV. Međutim, treba znati i da efikasnost prenošenja CMV vašima sa korova na papriku zavisi od mnogih faktora kao što su biljna vrsta koja predstavlja izvor zaraze, soj virusa, vrsta i biotip vektora. Tako je ustanovljeno da se CMV vrlo brzo širi i javlja sa visokom učestalošću ukoliko se u blizini useva nalaze različite vrste *Commelina*. Ove vrste, koje mogu da budu i višegodišnje, povezane su i sa epidemijskom pojavom CMV u usevima tikava, duvana i paprike (Kucharek et al., 1998).

CMV se lako prenosi i mehanički, sokom zaraženih biljaka što je od posebnog značaja u proizvodnji rasada. Kao vektori virusa opisano je preko 80 vrsta vaši, među kojima se kao najznačajnije navode vrste *Myzus persicae* i *Aphis gossypii* (Palukaitis et al., 1992).

Pored prenošenja vašima, CMV može da se prenese i semenom nekih gajenih i korovskih biljaka. Prenosenje virusa semenom ima veliki značaj ne samo za kontinuirano održavanje štetnih virusnih oboljenja u prirodi već i za efikasno širenje virusa. Seme ima ulogu u introdukciji virusa ili njegovih sojeva u nove zemlje ili regione u kojima taj patogen ranije nije bio prisutan. CMV se prenosi semenom 22 vrste biljaka u različitom stepenu, od kojih su neke: *Glycine max*, *Phaseolus vulgaris*, *Stellaria media* i *Vigna unguiculata* (Palukaitis et al., 1992). S obzirom da se virus prenosi semenom malog broja povrtarskih biljaka ili se prenosi u veoma niskom procentu, većina epidemija javlja se zbog toga što primarni virusni inokulum predstavljaju zaražene korovske vrste. Zbog toga je prenošenje virusa semenom *Stellaria media* od izuzetnog značaja za prezimljavanje i epidemijsku pojavu CMV. Dugo se smatralo da se CMV ne prenosi semenom paprike, ali Ali and Kobayashi (2010) su, po prvi put, utvrdili prenošenje od 10 do 14%.

Kontrola. Osnovu kontrole oboljenja koje CMV izaziva čine preventivne mere (Šutić, 1995; Krstić i Vico, 2004; Krstić i Bulajić, 2008). U najznačajnije mere kontrole ubrajaju se proizvodnja zdravog rasada, uklanjanje zaraženih biljaka čim se primete, uništavanje biljnih ostataka, primena plodoređa, određivanje vremena rasađivanja u odnosu na let vaši, zatim uništavanje korova i hemijska kontrola vektora u cilju smanjenja brojnosti populacije jer zbog neperzistentnog načina prenošenja, vaši mogu da obave svoju vektorsku ulogu i pre nego što primenjeni insekticidi deluju na njih. Najznačajnija mera kontrole je upotreba otpornih i tolerantnih sorti.

Virus crtičastog mozaika krompira=y virus krompira na paprici

Rasprostranjenost i značaj. PVY spada u prvih pet virusa koji ugrožavaju proizvodnju povrća u svetu i jedan je od ekonomski najznačajnijih virusa na paprici i paradajzu u mnogim zemljama, kako u zaštićenom prostoru tako i na otvorenom polju (Tomlinson, 1987). Štete u proizvodnji paprike izazvane ovim virusom variraju u zavisnosti od soja virusa, genotipa paprike, starosti biljke u vreme infekcije i uslova spoljašnje sredine i kreću se od neznatnih do toga da je prinos smanjen i do 30-40%. Rane infekcije imaju za posledicu zakržljale biljke, slabo formiranje plodova, koji zbog lošeg izgleda nemaju tržišnu vrednost, pa i prinos može biti i potpuno uništen (Edwardson and Christie, 1997; Krstić i Bulajić, 2008). U Srbiji PVY je u zasadima paprike na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru najzastupljeniji virus (Petrović i sar., 2010). U usevima duvana zabeleženo je dominantno prisustvo PVY (Stanković et al., 2011). Takođe, PVY je jedan od zastupljenijih virusa u pojedinačnim i mešanim infekcijama u proizvodnji paradajza (Nikolić i sar., 2013).

Osobine virusa. PVY je tipičan predstavnik roda *Potyvirus*, sa morfološkim osobinama viriona i građom genoma koji su veoma slični ostalim članovima ovog roda (Quenouille et al., 2013). Čestice PVY su izdužene, filamentozne, veličine 730 x 11 nm. Genom PVY, kao i kod ostalih članova roda *Potyvirus*, čini jednolančana infektivna ribonukleinska kiselina, (+)ssRNA, veličine oko 9.7 kb koji se translacijom prevodi u jedan poliprotein koji je izgrađen od 3062 aminokiseline. Za 5' kraj nukleinske kiseline, kovalentno je vezan protein koji se označava kao VPg (*viral protein genome-linked*), molekulske mase 24 kDa, a na 3' kraju se nalazi polyA region sastavljen od više adenina. Poliprotein se dejstvom virusno kodiranih proteaza (P1, HC-pro i Nia proteini) deli na 10 manjih funkcionalnih proteina. Genom sadrži još jedan kratki ORF (otvoreni okvir čitanja), P3N-PIPO. Protein 1 (P1) je virusno kodiranih proteaza i najvarijabilniji deo genoma kod virusa roda *Potyvirus*. Protein HC-Pro (*helper-component proteinase*) je još jedna virusno kodirana proteaza koja, pored toga, ima mnogo funkcija: protein koji vrši supresiju RNA utišavanja (*RNA silencing*), učestvuje u replikaciji, sistemičnom širenju virusa u biljci, prenošenju vašima i kretanju virusa od ćelije do ćelije. Protein 3 (P3) je uključen u patogenost, sistemičnu infekciju, replikaciju i kretanje virusa u biljci. Funkcija 6K1 proteina nije poznata. CI protein je uključen u formiranje „*pinwheel*” inkluzija, a 6K2 protein je uključen u replikaciju. VPg protein ima brojne funkcije, a najbitnija je uloga u replikaciji i translaciji. NIa protein (*nuclear inclusion protein*) predstavlja glavnu proteazu za cepanje poliproteina. Nib protein je virusna RNA zavisna RNA polimeraza. CP protein (*coat protein*, protein omotača) je neophodan za samosakupljanje viriona, prenošenje vašima, kretanje od ćelije do ćelije i sistemičnu infekciju.

Varijabilnost. PVY je jedan od najvarijabilnijih biljnih virusa i od njegovog otkrića 30-ih godina XX veka do danas, ustanovljeno je postojanje većeg broja sojeva, kao i bioloških tipova u okviru samih sojeva (Kerlan et al., 2011; Youssef, 2017). Izolati PVY su prvo klasifikovani na osnovu glavnih domaćina ovog virusa, na sojeve poreklom sa duvana, krompira, paprike i paradajza. Zatim su izolati grupisani

u definisane sojeve na osnovu njihovih bioloških (simptomatologija i različiti tipovi reakcija otpornosti) i seroloških karakteristika u tri osnovne grupe: PVY^o (obični soj), PVY^N (nekrotični soj) i PVY^C (crtičasti soj) prema simptomima koje prouzrokuju na nekim sortama krompira i duvana, kao i na biljci *Physalis floridana*. Međutim, velika varijabilnost virusa uslovljena različitim mehanizmima izmene genetičkog materijala prilično je uobičajena za viruse roda *Potyvirus*, pa i za PVY, tako da se opisuje sve veći broj novih sojeva koji nastaju kao posledica rekombinacija i čiji genom predstavlja mozaik izgrađen od segmenata genoma izolata najčešće običnog i nekrotičnog soja. Razvojem molekularne biologije i razvijanjem molekularnih tehnika detekcije, identifikacije i karakterizacije omogućeno je izdvajanje podgrupa u okviru osnovnih grupa sojeva.

Tako je utvrđeno postojanje šest različitih filogenetskih podgrupa u okviru običnog soja, dok se u okviru crtičastog soja izdvajaju dve filogenetske podgrupe: (i) podgrupa C1 gde su svrstani izolati poreklom sa paprike, duvana i paradajza i (ii) podgrupa C2 koju čine izolati poreklom sa krompira. Sredinom 80-ih godina XX veka u Evropi su detektovane dve grupe izolata označane kao NTN i Wilga izolati, koje su se međusobno razlikovali po virulentnosti, a izazivali su prstenastu nekrozu krtola krompira (*Potato tuber necrotic ringspot disease*, PTNRD). Kasnija ispitivanja genoma, dokazala su da se radi o rekombinantnim izolatima između izolata nekrotičnog i običnog soja. Izolati NTN soja svrstani su u dva tipa: tip A sa 3 mesta rekombinacije (HC-Pro/P3, VPg/NIa i C terminus CP gena) i tip B sa četiri mesta rekombinacije (HC-Pro/P3, VPg/NIa, C terminus CP gena i P1 gen), a izolati Wilga soja razdvojeni su u dve grupe: (i) PVY^{N:O} izolati, ranije označeni kao PVY^N-Wi (A) tip, sa jednim mestom rekombinacije u delu HC-Pro/P3 gena i (ii) koju čine PVY^N-Wi izolati, ranije označeni PVY^N-Wi (B) tip, sa dva mesta rekombinacije u region P1 i HC-Pro/P3 gena. Broj sojeva i podgrupa u okviru sojeva nije konačan imajući u vidu da se poslednjih godina značajna pažnja poklanja istraživanju i karakterizaciji izolata PVY poreklom ne samo sa krompira, već i drugih biljaka domaćina i da se otkrivaju nove varijante i pojava rekombinacija ne samo između opisanih sojeva već i između samih rekombinanata.

Domaćini. Krug domaćina ovog virusa je širok i obuhvata 31 familiju, 495 biljnih vrsta, a među njima najznačajnije vrste su paprika, krompir, duvan, paradajz, neke ukrasne biljke (*Dahlia* i *Petunia* spp.) i mnoge korovske vrste (*Datura* spp., *Physalis* spp., *Solanum dulcamara* i *S. nigrum*) (Kerlan, 2006).

Simptomi. Simptomi koje PVY izaziva na paprici su varijabilni (Šutić, 1995), a kao najčešći se ispoljavaju simptomi u vidu prosvetljavanja nerava, mozaika i šarenila lišća, kao i zadržavanje tamnozeleno boje oko nerava. Osim toga često se javlja i nekroza duž nerava lista i lisnih peteljki. Zaražene biljke su slabo razvijene i formiraju deformisane plodove sa ili bez nekrotičnih šara. Virulentni sojevi ovog virusa izazivaju i nekrozu stabla, sušenje i opadanje lišća, nekrozu vršnog meristema i propadanje celih biljaka. Rane infekcije imaju za posledicu zaostajanje biljaka u porastu, sterilnost cvetova i slabo formiranje plodova.

Načini prenošenja i održavanja. PVY se održava u zaraženim krtolama krompira i brojnim korovskim biljkama domaćinima ovog virusa, a njegovo širenje u prirodi omogućava veliki broj vrsta vaši (više od 40 vrsta), koje virus prenose na neperzistentan način (Quenouille et al., 2013). Vrsta *Myzus persicae* je najefikasniji vektor ovog virusa i njoj je za usvajanje virusa potrebno veoma kratko vreme od 2-3 minuta ishrane na oboleloj biljci, a svoju infektivnost zadržava do 4 časa. Pored ove vaši, kao vektori virusa navode se i *Aphis fabae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus certus*, *Phorodon humuli* i *Rhopalosiphum insertum*. Prenošnje ovog virusa pomoću vaši uslovljeno je građom i strukturom pomoćnog, "helper" proteina (*helper component-proteinase*, HC-Pro) i proteina omotača virusa (*coat protein*, CP). "Helper" komponenta se nalazi u soku zaraženih biljaka, njena sinteza kodirana je genomom virusa i osnovna uloga joj je da omogući vezivanje virusne čestice za stilet vektora. Osim funkcije u prenošenju virusa vašima, HC-Pro pomaže u sistemskom širenju virusa u biljci i supresiji post-transkripcionog utišavanja gena. Virus se prenosi i mehanički, sokom zaraženih biljaka što je od značaja u proizvodnji biljaka u gustom sklopu, naročito u rasadu. PVY se ne prenosi semenom paprike.

Kontrola. Kao najznačajnije mere kontrole koje treba preduzeti radi sprečavanja nastanka i daljeg širenja zaraze navode se: prostorna izolacija paprike od drugih biljaka domaćina, uklanjanje i uništavanje zaraženih biljaka i biljnih ostataka, uništavanje korova, hemijska kontrola vektora u smislu smanjenja njihove populacije i korišćenje otpornih i tolerantnih sorti. Kontrola lisnih vaši veoma je važna mera jer se time sprečava unošenje PVY sa drugih gajenih ili korovskih biljaka u usev, kao i širenje virusa sa zaraženih na zdrave biljke u toku vegetacije, ali otežavajuću okolnost čini to što vaši mogu da obave svoju vektorsku ulogu i pre nego što primenjeni insekticidi deluju na njih.

DRUGI EKONOMSKI ZNAČAJNI VIRUSI PAPRIKE U SRBIJI

Virus bronzavosti paradajza

Virus bronzavosti paradajza (*Tomato spotted wilt orthotospovirus*, TSWV) je tipični predstavnik roda *Orthotospovirus*, fam. *Tospoviridae*, red *Buniavirales* i ubraja se u grupu veoma destruktivnih „*re-emerging*” virusa. TSWV je svrstan u grupu drugih značajnijih virusa paprika u Srbiji samo zato što je manje rasprostranjen od CMV i PVY, ali tamo gde se ovaj virus pojavi često se dešava da usev paprike bude potpuno uništen.

Rasprostranjenost i značaj. TSWV je široko rasprostranjen i javlja se u umerenim, subtropskim i tropskim regionima sveta i odgovoran je za brojne epidemije na različitim usevima (loc. cit. Krstić i Bulajić, 2007). U pojedinim regionima Argentine, Brazila, Kanade, Danske, Italije, Holandije, Velike Britanije i SAD, TSWV je jedan od najznačajnijih prouzrokovaca oboljenja brojnih vrsta biljaka uključujući papriku, paradajz i mnogobrojne ukrasne biljke. Tako je u Francuskoj i Španiji, zabeležena epidemijaska pojava virusa u usevu paprike, paradajza i *Anemone*

vrsta gajenih kako u zaštićenom prostoru, tako i na otvorenom polju. Gubici u proizvodnji mogu dostići i do 100%.

U usevu paprike u našoj zemlji, TSWV je prvi put zabeležen 1998. godine Mijatović et al. (1999), a kasnije sprovedena istraživanja ukazuju na širenje i prisustvo TSWV na većem broju lokaliteta (Krstić i Bulajić, 2008). Mada je virus prisutan u većini zemalja EPP0 regiona, kao i u većini lokaliteta u našoj zemlji, zbog velikog ekonomskog značaja, TSWV se nalazi na EPPO A2 i na IA deo II listi karantinski štetnih organizama Republike Srbije.

Virus bronzavosti paradajza je jedan od najrasprostranjenijih virusa i ima najširi krug domaćina među svim biljnim virusima (loc. cit. Krstić i Bulajić, 2007). Godine 1919. u Australiji je opisano oboljenje pegavo uvenuće na paradajzu, a već godinu dana kasnije pronađeno je u svim reonima gajenja u Australiji. Od tada se TSWV proširio u mnoge delove sveta. Virus je odgovoran za brojne epidemije na različitim usevima u različitim delovima sveta, a najčešće na povrću, duvanu i ukrasnim biljkama. Visoko polifagna priroda virusa, efikasnost prenošenja virusa vektorima - tripsima, brzina kojom se stvaraju nove varijante virusa, kao i teškoće u kontroli vektora, čine TSWV jednim od najopasnijih biljnih virusa. Zbog svoje ekonomske važnosti, kao i interesantnih bioloških i molekularnih karakteristika, ovo je danas jedan od najproučavanijih biljnih virusa.

Osobine virusa. Virioni TSWV su kvazisferični bez vidljivih kapsomera. Prečnik virusnih čestica je od 70-120 nm i okružene su dvostrukom lipoproteinskom membranom u koju su uronjena dva tipa glikoproteina u vidu površinskih šiljaka (peplomere). Genom čine tri linearne jednolančane ssRNA, koje mogu da budu: (-) ssRNA, odnosno neinfektivna (negativne polarnosti), ili (+/-) ssRNA „ambisense,, označene kao S (short), M (middle) i L (large). Najveća RNA (L RNA) je (-) i monocistronska, a ostale dve su (+/-) i kodiraju po dva proteina. Virusni genom kodira ukupno pet proteina: (i) RNA polimeraza-transkriptaza (L - large protein) koju kodira L RNA; (ii) NS_M protein koji je uključen u kretanje virusa od ćelije do ćelije (movement, transportni protein), koji kodira M RNA; (iii) glikoproteini G1 i G2, koje kodira virusno-komplementarni lanac M RNA; (iv) NS_S nestrukturani protein nepoznate funkcije koji kodira virusna S RNA (ovaj protein izaziva formiranje agregata ili filamenata u ćelijama zaraženim TSWV i parakristalne strukture u ćelijama zaraženim INSV); (v) N strukturani protein koji je kodiran virusno-komplementarnim lancem S RNA (Prins and Kormelink, 2004).

Varijabilnost. TSWV je virus sa izuzetnom varijabilnošću. U prirodi TSWV postoji kao kompleks sojeva (loc. cit. Krstić i Bulajić, 2007). Raznovrsnost sojeva ovog virusa uslovljena je ne samo mutacijama i rekombinacijama već i pseudorekombinacijama zbog postojanja trodelnog genoma, čime je omogućena i preraspodela između samih genomnih segmenata. Raznovrsnost se naročito odnosi na ekspresiju simptoma na različitim domaćinima, serološke osobine i adaptibilnost TSWV na nove domaćine i nova geografska područja. Pored toga, velika varijabilnost virusa omogućava brzo prevazilaženje otpornosti dobijene bilo konvencionalnim

metodama bilo genetičkim inženjerstvom (Vaira et al., 1995; Mandal et al., 2006). Pošto je pokazano da TSWV prevazilazi otpornost komercijalnih useva, poznavanje prevalentnosti sojeva/izolata u određenom geografskom regionu veoma je važno za selekciju na otpornost i oplemenjivanje kako bi se dobile sorte sa dugotrajnijom otpornošću.

Domaćini. Smatra se da TSWV ima najširi krug domaćina među biljnim virusima. U dostupnoj listi domaćina navodi se 1 090 biljnih vrsta iz 15 familija monokotiledonih, 69 familija dikotiledonih biljaka i jedne familije razdela Pteridiophyta, fam. Pteridaceae (Parrella et al., 2003).

Simptomi. TSWV izaziva veoma različite simptome na paprici, ali tipični su žutilo lišća i cele biljke, kao i krzljivost (Šutić, 1995; Krstić i Bulajić, 2008). Često se kao simptom javlja mozaik sa izraženim koncentričnim prstenastim pegama ili hlorotični, prstenasti ili linijski mozaik na starijem lišću. Zaraženo lišće može da ima i bronzastu boju. Mlado lišće je deformisano, sitno i naborano sa zadebljalim nervima, a dugačke nekrotične pruge na stablu proširuju se sve do vršnog meristema. Infekcija TSWV ometa zametanje plodova, a plodovi formirani nakon infekcije su slabije razvijeni, jako deformisani (iskrivljeni), neravnomerno sazrevaju, sa dugim nekrotičnim prugama ili nekrotičnim prstenastim pegama ili mozaikom. Mlađi plodovi najčešće u potpunosti podležu nekrozi. TSWV može da izazove i izumiranje grančica i skraćivanje internodija stabla, tako da biljke imaju žbunast izgled ili propadaju.

Načini prenošenja i održavanja. Dva osnovna načina širenja TSWV u usevu paprike su prenošenje zaraženim rasadom i prenošenje vektorima (Krstić i Bulajić, 2008). TSWV prenosi veći broj vrsta tripsa na cirkulativan propagativni način, a najznačajnije su vrste *Frankliniella occidentalis* i *Thrips tabaci*. TSWV se prenosi i mehanički, ali ovaj način prenošenja ima značaja samo u eksperimentalnim uslovima i nema većeg uticaja na širenje virusa u prirodi. TSWV se ne prenosi semenom paprike ni drugih biljaka domaćina.

Kontrola. Izražena polifagna priroda TSWV, efikasnost prenošenja tripsima, brzina kojom se stvaraju nove sojevi virusa, kao i teškoće u kontroli vektora usled njegovih bioloških karakteristika i brzog razvijanja rezistentnosti, čine ovaj virus najopasnijim virusima u proizvodnji povrća u zaštićenom prostoru i na otvorenom polju (loc. cit. Krstić i Bulajić, 2007). Osnovna dva načina širenja ovih virusa su prenošenje vektorima i prenošenje zaraženim rasadom. Iz ovih činjenica proizilazi da su jedine moguće mere kontrole koje treba preduzeti one koje blokiraju ova dva puta širenja virusa. Brzo reagovanje na povećanje populacije tripsa i pojavu virusnih simptoma na biljkama su kritični momenti u rešavanju daljeg širenja ovih virusa. Osnovu kontrole oboljenja koje TSWV izaziva u usevu paprike u zaštićenom prostoru čine preventivne mere uključujući proizvodnju zdravog rasada, uklanjanje zaraženih biljaka, uništavanje korova u i oko staklenika i hemijska kontrola tripsa. Za kontrolu tripsa preporučuju se sledeće mere: praćenje brojnosti populacije tripsa korišćenjem žutih ili plavih lepljivih klopki ili indikator-biljaka, postavljanje finih insekatskih

mreža na sve otvore staklenika/plastenika, postavljanje aluminijumskih folija oko ventilacionih otvora, korišćenje UV apsorbujućih plastičnih pokrivki i upotreba insekticida. Iako je hemijska kontrola tripsa teška, praćenje populacije tripsa i brzo reagovanje na njeno povećanje predstavljaju prvi preduslov za uspešno rešavanje problema. Potrebno je da se reaguje na vreme i uključi pravilan izbor insekticida, rotacija insekticida iz različitih hemijskih grupa i kvalitetna primena (sitne kapi, nanošenje insekticida i sa lica i sa naličja, „kupanje” cvetnih i lisnih pupoljaka).

Kontrola oboljenja koja TSWV izaziva na paprici gajenoj na otvorenom polju je, takođe, složena i teška. I ona podrazumeva pravovremenu primenu raznih preventivnih mera, kao što su: korišćenje otpornih sorti, plodored, suzbijanje korova, prostorna izolacija paprike od drugih osetljivih biljaka pre svega paradajza, duvana i ukrasnih biljaka, malčiranje i hemijska kontrola tripsa.

Virus mozaika lucerke

Virus mozaika lucerke (*Alfalfa mosaic virus*, AMV) je jedini predstavnik *Alfavirus* roda, fam. *Bromoviridae*.

Rasprostranjenost i značaj. AMV se ubraja u grupu opšte rasprostranjenih virusa i smatra se da je prisutan u svim područjima gajenja paprike. Jedan je od najznačajnijih virusa paprike u Istočnoj Evropi, pre svega Mađarskoj i Bugarskoj, a u Srbiji je prvi put zabeležen 1956. godine u okolini Horgoša (Šutić, 1959). Njegovo prisustvo u usevu paprike potvrđeno je mnogobrojnim ispitivanjima u našoj zemlji (Tomić i sar., 2007; Krstić i Bulajić, 2008; Petrović i sar., 2010). Zaraze paprike ovim virusom dovode do smanjenja prinosa i kvaliteta plodova. Smanjenje prinosa varira od vegetacije do vegetacije, a prinos zaraženih biljaka može biti smanjen i za 50-65%.

Osobine virusa. Virus mozaika lucerke sastoji se od četiri vrste čestica: B (bottom), M (middle), Tb (top b) i Ta (top a) koje nose različite RNA (RNA1, RNA2, RNA3 i RNA4) (Jaspars and Bos, 1980). Genom čine tri jednolančane infektivne genomne RNA (RNA1, RNA2 i RNA3) i subgenomna RNA4 (BoI, 1999). RNA1 i RNA2 kodiraju P1 i P2 proteine uključene u replikaciju virusa, dok je RNA3 bicistronska i kodira stvaranje MP proteina (*“movement protein”*) koji je odgovoran za širenje virusa u biljci. RNA3 nosi i gen koji se prepisuje u subgenomnu RNA4 i kodira sintezu proteina omotača virusa (CP proteina). Za 5' kraj nukleinskih kiselina vezan je 7-metilguanozin, a na 3' kraju se nalazi struktura slična transportnoj RNA.

Varijabilnost. Jaspars and Bos (1980) navode da su u svetu opisani brojni sojevi i varijante virusa sa malim razlikama, a kao najčešće za razlikovanje sojeva korišćene su razlike u simptomima ispoljenim nakon mehaničkih inokulacija na *Phaseolus vulgaris* i *Vigna sinensis*.

Domaćini. AMV može da u prirodnim uslovima zarazi 150 biljnih vrsta iz 22 familije, dok eksperimentalni i prirodni krug domaćina uključuje preko 600 vrsta iz 70 familija. Krug domaćina AMV uključuje biljne vrste iz familija Asteraceae, Fabaceae, Solanaceae i Apiaceae (Jaspars and Bos, 1980).

Simptomi na paprici. Kako se virus prenosi semenom paprike, početni simptomi koje ovaj virus izaziva na paprici uočavaju se jako rano, još na kotiledonim listićima u vidu sitnih, tačkastih belih pega. Na lišću zaraženom kasnije u toku vegetacije takođe se javljaju žućkastobeličaste pege različitog oblika i veličine raspoređene po čitavoj površini liske, simptom poznat i pod nazivom kaliko mozaik. Zaražene biljke zaostaju u porastu, kržljave su i obrazuju manji broj plodova koji su kržljavi i deformisani, a mogu se javiti i linearne trake beličaste ili žućkaste boje (Šutić, 1995; Krstić i sar., 2010).

Načini prenošenja i održavanja. AMV se održava u brojnim višegodišnjim domaćinima među kojima je najznačajnija lucerka, odakle se efikasno i brzo širi u usev osetljivih domaćina pomoću različitih vrsta vaši (više od 15 vrsta) na neperzistentan način (Krstić i sar., 2010). Kao najčešći vektor navodi se vrsta *Myzus persicae*, ali značajni vektori ovog virusa su i vrste *Aphis fabae*, *A. medicaginis*, *Acyrtosiphon pisum*, *Myzus certus* i *Macrosiphum euphorbiae*. AMV se lako prenosi i mehanički, međusobnim dodirivanjem biljaka gajenih u gustom sklopu, što je od naročitog značaja u proizvodnji rasada.

Međutim, svakako najznačajniji način širenja AMV u usevu paprike je prenošenje semenom paprike. Step prenošenja AMV semenom značajno varira u zavisnosti od izolata virusa, genotipa paprike i uslova spoljašnje sredine. Tako se zaraza semena sakupljenog sa zaraženih biljaka kreće i do 69%, dok je nivo zaraze u komercijalnom semenu najčešće 1-5% (Šutić, 1959). Virus se prenosi ne samo semenom paprike, već i semenom lucerke, soje, *Solanum brevidens* i *S. tuberosum*, ali i semenom nekih biljaka iz spontane flore, kao što su *Datura stramonium*, *S. nigrum* i *Chenopodium quinoa* (Krstić i sar., 2010).

Kontrola. Kao najznačajnije mere kontrole navode se: upotreba bezvirusnog semena, proizvodnja zdravog rasada, odstranjivanje zaraženih biljaka čim se primete, uništavanje biljnih ostataka, primena plodoreda, prostorna izolacija od drugih osetljivih biljaka, određivanje vremena rasađivanja kako bi se izbegao prelet vaši sa korova u usev ili kako bi u vreme preleta vaši biljke bile u kasnijim fazama razvoja kada su manje osetljive prema virusu, uništavanje korova i hemijska kontrola vektora naročito u semenskom usevu kako bi se smanjila njihova brojnost (Šutić, 1995; Krstić i Bulajić, 2008; Kenyon et al., 2014).

Virus mozaika duvana

Virus mozaika duvana (*Tobacco mosaic virus*, TMV) tipičan je predstavnik roda *Tobamovirus*, fam. *Virgaviridae* i jedan je od ekonomski značajnijih virusa paprike.

Rasprostranjenost i značaj. TMV je rasprostranjen širom sveta i prouzrokuje zaraze na mnogim gajenim biljkama. U našoj zemlji je ovaj virus manje ili više rasprostranjen svuda gde se gaji paprika. Pojedinih godina se javlja u ekonomski štetnim razmerama (Šutić, 1995). Međutim, istraživanja protekle decenije pokazuju tendenciju smanjenja zaraze paprike ovim virusom (Tomić i sar., 2007). Istraživanja

sprovedena u periodu od 2009 do 2010. godine nisu utvrdila prisustvo ovog virusa u usevu paprike što se može pripisati povećanoj svesti proizvođača o značaju primene fitosanitarnih mera u prevenciji širenja ovog virusa (Milošević, 2013). Ekonomska štetnost ovog virusa ogleda se u smanjenju prinosa i gubitku tržišne vrednosti plodova koji su često deformisani. Smanjenje prinosa kreće se oko 30-70% u zavisnosti od osetljivosti genotipa paprike, a zabeleženo je i potpuno propadanje useva (Šutić, 1995).

Osobine virusa. Čestice virusa su štapićaste, veličine 300 x 18 nm sa centralnom šupljinom prečnika 2 nm, izgrađene od nukleinske kiseline i proteina. Genom TMV čini jednolančana infektivna ribonukleinska kiselina, (+)ssRNA. Za 5' kraj nukleinske kiseline vezan je 7-metilganozin, a 3' kraj je aminoacetiliran, nosi histidin i gradi strukturu sličnu transportnoj RNA. Virusni genom kodira sintezu ukupno četiri proteina: (i) CP protein (protein omotača virusa; (ii) MP protein ("movement protein") koji omogućava širenje virusa u biljci i (iii) dva nestrukturna proteina molekulske mase 126 i 183 kDa koji se javljaju u zaraženim biljnim ćelijama i imaju ulogu u replikaciji virusa-proteini virusne polimeraze (Knapp and Lewandowski, 2001).

Varijabilnost. TMV je vrlo varijabilan i od prvog opisa virusa do danas utvrđeno je postojanje većeg broja sojeva. Prvi soj ovog virusa opisan je 1926. godine i odlikuje se time što na duvanu izaziva žute, umesto zelene mozaične pege. Danas je poznato više sojeva ovog virusa, a najčešće su izdvajani na osnovu virulentnosti ili po raznim simptomima na duvanu. Tako su po virulentnosti opisani jaki i blagi soj; po promenama u boji na zaraženom lišću duvana neki sojevi su okarakterisani kao žuti, zlatnožuti, beli, tamnozeleni i svetlozeleni soj. Po citološkim i histološkim promenama zaraženih biljaka neki sojevi su identifikovani kao prstenasti, mramorni, nekrotični i enacijski soj (Zaitlin and Israel, 1975; Šutić, 1995).

Domaćini. TMV može da inficira 199 biljnih vrsta iz 30 familija (Shew and Lucas, 1991). U najznačajnije prirodne domaćine ovog virusa ubrajaju se biljke familije Solanaceae: duvan, paprika, paradajz i krompir.

Simptomi. TMV na paprici prouzrokuje različite tipove simptoma od lokalnih nekrotičnih promena na lišću i stablu koje prati sušenje i propadanje izdanaka do sistemične reakcije u vidu različitih tipova mozaika (Šutić, 1995; Krstić i Bulajić, 2008). Jačina i tip ispoljenih simptoma zavise pre svega od soja virusa i osetljivosti genotipa paprike. Najkarakterističniji simptom koji ovaj virus izaziva na paprici je žutozeleno šarenilo lišća. Na starijem lišću zaraženom ovim virusom javlja se žutilo, dok je na mlađem izražen mozaik. Zaraženo lišće je sitnije, uvija se i deformiše. Na cvetovima i duž stabla javljaju se nekrotične crtice, a zaražene biljke zaostaju u porastu i obrazuju manji broj plodova koji su deformisani i ponekad sa pojavom nekrotičnih pega. Virulentniji sojevi ovog virusa izazivaju izrazito žutilo lišća koje prevremeno opada, a zaražene biljke propadaju usled nekroze koja se širi duž stabla.

Načini prenošenja i održavanja. Osnovni način širenja TMV u usevu paprike je prenošenje semenom i mehaničkim putem. Zaraženo seme omogućava održavanje

virusa od vegetacije do vegetacije ili duži vremenski period i predstavlja izvor za započinjanje primarnih zaraza. Zabeležene su i unutrašnje zaraze u endospermu i embrionu i spoljašnje zaraze semena na semenjači semena. Stepem prenošenja TMV semenom paprike je različit i zavisi pre svega od izolata virusa, genotipa paprike i uslova spoljašnje sredine i najčešće se kreće oko 20%, mada je u nekim slučajevima zabeležena i 100% zaraza (Šutić, 1995). Osim toga TMV se veoma lako prenosi i mehanički sokom zaraženih biljaka. Zbog visoke postojanosti, virus se lako prenosi kontaminiranim alatom, rukama i odećom radnika prilikom nege rasada, rasađivanja, okopavanja, berbe i drugih agrotehničkih operacija (loc. cit. Milošević, 2013).

Kontrola. Osnovu kontrole oboljenja koje TMV izaziva su preventivne sanitarne mere, zbog izražene stabilnosti i lakog mehaničkog prenošenja virusa (Pernezny et al., 2003). Tretiranje semena sa 10% rastvorom Na_3PO_4 u periodu od najmanje 15 min ili tretman suvog semena u periodu od 2-4 dana na temperaturi od 70°C eliminiše virus na površini i u unutrašnjosti semena bez negativnog uticaja na klijanje. Posle potapanja, seme je neophodno isprati vodom kako bi se izbeglo fitotoksično delovanje primenjenih rastvora. Sanitarne mere treba primenjivati ne samo u toku proizvodnje i nege rasada, nego i pri izvođenju agrotehničkih mera u usevu. Prilikom odstranjivanja zaraženih biljaka u polju, treba ukloniti i susedne biljke. Ruke i oruđe u toku izvođenja raznih agrotehničkih operacija (rasađivanje, zalamanje biljaka, zakidanje zaperaka, berba i dr.) treba što češće prati sapunom, rastvorom trinatrijum fosfata (Na_3PO_4) ili 70% alkoholom u cilju inaktivacije virusa. Treba voditi računa o upotrebi duvanskih proizvoda u toku rada sa biljkama. Preporuka je da se koristi zdrav rasad i da na mestu stalne sadnje biljaka ne bude ostataka korena iz predhodnih proizvodnih ciklusa. Najzastupljeniji sojevi i TMV u paradajzu se mogu kontrolisati upotrebom otpornih hibrida, koji sadrže dominantni gen za otpornost. Ipak, otkriveni su i sojevi virusa koji mogu da prevaziđu rezistentnost biljaka koje nose gen otpornosti. U slučaju kada je infekcija već ostvarena, rad sa biljkama treba svesti na najmanju moguću meru kako bi se sprečila sekundarna zaraza.

ZAKLJUČAK

Brojnost virusa infektivnih za papriku stalno se povećava, tako da je do sada opisano 68 virusa koji mogu da zaraze papriku. Osim brojnosti virusa, i učestalost njihove pojave u usevima paprike je znatno porasla u poslednje tri decenije. Uzrok tome je, verovatno, kombinacija različitih faktora, kao što su intenzifikacija i ekspanzija gajenja paprike, povećan obim međunarodne trgovine semena, rasada i svežih proizvoda koji su mogući način prenošenja virusa i njihovih vektora u nove regione sveta i lokalitete, kao i klimatske promene koje odgovaraju širenju virusa i njihovih vektora.

Virusi koji se najčešće navode kao široko rasprostranjeni i koji izazivaju značajne gubitke u proizvodnji u većini regiona gajenja paprike su: virus mozaika krastavca (*Cucumber mosaic virus*, CMV), Y virus krompira (*Potato virus Y*, PVY), virus bronzavosti paradajza (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV), virus mozaika

duvana (*Tobacco mosaic virus*, TMV) i virus mozaika lucerke (*Alfalfa mosaic virus*, AMV), dok su drugi još uvek vezani samo za određena geografska područja gde su prisutni njihovi vektori (*Begomovirus* rod), mada se ubrzano šire svetom. Dosadašnja proučavanja viroza paprike u Srbiji utvrdila su prisustvo sledećih virusa: CMV, PVY, TSWV, AMV, TMV, virus blagog šarenila paprike (*Pepper mild mottle virus*, PMMoV), virus šarenila paprike (*Pepper mottle virus*, PepMV) i virus šarenila nerava paprike (*Pepper veinal mottle virus*, PepVMV). CMV, PVY, TSWV, AMV i TMV mogu da budu ekonomski značajni, mada se poslednjih godina dominantno prisustvo pripisuje CMV i PVY. PMMoV, PepMV i PepVMV se javljaju sporadično i ne izazivaju veće štete u proizvodnji paprike u našoj zemlji.

Kontrola virusnih oboljenja paprike podrazumeva primenu dve osnovne strategije: sprečavanje ili redukovanje unošenja virusa u usev, sprečavanje ili redukovanje širenja virusa kad je već unet u usev, čime se smanjuje uticaj virusa na prinos i kvalitet plodova. Postoji mnogo agrotehničkih i fitosanitarnih mera kojima se ove strategije mogu sprovesti, ali treba voditi računa da njihova efikasnost zavisi od epidemiologije virusa, pre svega od načina na koji se određeni virus prenosi.

Zahvalnica

Ovaj rad realizovan je kao deo projekata III-43001 (Agrobiodiverzitet i korišćenje zemljišta u Srbiji: integrisana procena biodiverziteta ključnih grupa artropoda i biljnih patogena) i TR31030 (Stvaranje sorata i hibrida povrća za gajenje na otvorenom polju i zaštićenom prostoru) koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- Ali A. and Kobayashi M. (2010): Seed transmission of Cucumber mosaic virus in pepper. *J. Virol. Methods*. 163: 234-237.
- Bol J. F. (1999): Alfalfa mosaic virus and Ilarviruses: involvement of coat protein in multiple steps of the replication cycle. *J. Gen. Virol.* 80: 1089-1102.
- Edwardson J. R. and Christie, R. G. (1997): Florida Agricultural Experiment Station Monograph Series 18-II: 467.
- Francki R. I. B., Mossop D. W. and Hatta T. (1979): Cucumber mosaic virus. CMI/AAB Description of Plant Viruses No. 213. Kew, Surrey (GB).
- Gallitelli D. (2000): The ecology of cucumber mosaic virus and sustainable agriculture. *Virus Res.* 71: 9-21.
- Green S. K., Kim J. S. (1991). Characteristics aid control of viruses infecting pepper. A literature review: Asian Vegetable Research and Development Center. Technical Bulletin No. 18.
- Jaspars E. M. J. and Bos L. (1980): Alfalfa mosaic virus. CMV/AAB Description of Plant Viruses, No. 229.
- Kenyon L., Kumar S., Tsai W. S. and Hughes, J. D. (2014): Virus diseases of peppers (*Capsicum* spp.) and their control. *Adv. Virus Res.* 90: 297-354.
- Kerlan C. and Moury B. (2006): Potato virus Y. Descriptions of Plant Viruses No. 414. Association of Applied Biologists; <http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv>.

- Kerlan C., Nikolaeva O. V., Hu X., Meacham T., Gray S. M. and Karasev A. V. (2011): Identification of the molecular make-up of the Potato virus Y strain PVYZ: Genetic typing of PVYZ-NTN. *Phytopathology* 101: 1052-1060.
- Knapp E. and Lewandowski D. J. (2001): Tobacco mosaic virus, not just a single component virus anymore. *Mol. Plant Pathol.* 2: 117-123.
- Krstić B., Krnjaja V., Mijatović M. i Tošić M. (1996): Virus blagog šarenila paprike prisutan u Srbiji. Zbornik kratkih sadržaja Prvog balkanskog simpozijuma Povrće i krompir, Beograd, pp. 164.
- Krstić B. i Vico I. (2004): Kontrola virusa mozaika krastavca u okvirima održive poljoprivrede. *Biljni lekar* 5: 359-363.
- Krstić B. i Bulajić A. (2007): Karantinski virusi povrća i ukrasnih biljaka u zaštićenom prostoru. Poljoprivredni fakultet, Beograd i Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Beograd.
- Krstić B. i Bulajić A. (2008): Ekonomski značajni i karantinski virusi paprike u Srbiji. Zbornik radova IX savetovanja „Savremena proizvodnja povrća”, Novi Sad, pp. 24-28.
- Krstić B., Bulajić A., Ivanović M., Stanković I. i Vučurović A. (2010): *Alfalfa mosaic virus*, AMV-Standardna operativna procedura za fitopatološke dijagnostičke laboratorije. Univerzitet u Beogradu-Poljoprivredni fakultet i Ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, Beograd.
- Kucharek T. A., Purcifull D. E., Christie R. G. and Perkins K. D. (1998): The association of severe epidemics of cucumber mosaic in commercial fields of pepper and tobacco in North Florida with inoculum in *Commelina benghalensis* and *C. communis*. *Plant Dis* 82: 1172.
- Martelli G. P. and Quacquarelli A. (1983): The present status of tomato and pepper viruses. *Acta Horticulture* 127: 39-64.
- Mijatović M., Obradović A., Ivanović M. i Stevanović D. (1999): Rasprostranjenost i intezitet pojave nekih virusa parazita paprike u Srbiji. *Zaštita bilja* 50: 151-159.
- Mijatovic M., Zecevic B., Ivanovic M. and Obradovic A. (2005): Diseases of pepper in Serbia and results of breeding for resistance. *Folia horticultrae. Ann.* 17/2: 53-60.
- Milošević D. (2013): Diverzitet i karakterizacija virusa paprike u Srbiji. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu-Poljoprivredni fakultet.
- Nikolić D., Milojević K., Stanković I., Vučurović A., Ristić D., Bulajić A. i Krstić B. (2013): Viroze paradajza u Srbiji. Zbornik rezimea radova XII Savetovanja o zaštiti bilja, Zlatibor, Srbija, str. 44-45.
- Quenouille J., Vassilakos N. and Moury B. (2013): Potato virus Y: a major crop pathogen that has provided major insights into the evolution of viral pathogenicity. *Mol. Plant Pathol.* 14: 439-452.
- Palukaitis P., Roossinck M. J., Dietzgen R. G. and Francki R. I. B. (1992): Cucumber mosaic virus. *Adv. Virus Res.* 41: 281-349.
- Parrela G., Gognalons, P., Gebre-Selassie, K., Vovlas, C. and Marchoux, G. (2003): An update of the host range of *Tomato spotted wilt virus*. *Journal of Plant Pathology*, 85: 227-264.
- Pernezny K. L., Roberts P. D., Murphy J. F., Goldberg N. P. (2003): Compendium of pepper diseases. The American Phytopathological Society, Minnesota, USA.
- Petrović D. (2008): Rasprostranjenost virusa pasulja u Vojvodini. Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.

- Petrović D., Bulajić A., Stanković I., Ignjatov M., Vujaković M. i Krstić B. (2010): Prisustvo i rasprostranjenost virusa paprike u Srbiji. *Ratar. Povrt.* 47: 567-576.
- Prins M. and Kormelink R. (2004): Genetic organization of the Tosspoviral genome. http://www.dpw.wau.nl/viro/research/t_1_3.html
- Roossinck M. J. (2002): Evolutionary history of Cucumber mosaic virus deduced by phylogenetic analyses. *J. Gen. Virol.* 76: 3382-3387.
- Shew H. D. and Lucas G. B. (1991): *Compendium of Tobacco Diseases*. American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota, USA.
- Stanković I., Bulajić A., Vučurović A., Ristić D., Milojević K., Berenji J. and Krstić B. (2011): Status of tobacco viruses in Serbia and molecular characterization of Tomato spotted wilt virus isolates. *Acta Virol.* 55: 337-347.
- Šutić D. (1959): Die Rolle des Paprikasemens bei der Virusübertragung. *Phytopathologische Zeitschrift* 36:84-93.
- Šutić D. (1995): *Viroze biljaka*. Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Beograd.
- Tomić Đ., Jeremić S., Simić A., Petković N., Đekić I., Bulajić A. i Krstić, B. (2007): Status viroza paprike u Srbiji. *Zbornik rezimea XIII simpozijuma sa savetovanjem o zaštiti bilja, Zlatibor*, str. 114-115.
- Tomlinson J. A. (1987): Epidemiology and control of virus diseases of vegetables. *Ann. Appl. Biol.* 110: 661-681.
- Tošić M., Ivanović M., Mitrović G., Krsmanović Ž. i Kojić Z. (1979): Prilog poznavanju viroza paprike u našoj zemlji. *Zaštita bilja* 150: 335--343.
- Vaira, A.M., Semeria, L., Crespi, S., Lisa, V., Allavena, A., Accotto, G.P. (1995): Resistance to Tosspoviruses in *Nicotiana benthamiana* Transformed with the N Gene of Tomato Spotted Wilt Virus: Correlation Between Transgene Expression and Protection In Primary Transformants. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 8(1):66-73.
- Vučurović A., Bulajić A., Stanković I., Ristić D., Berenji J., Jović J. and Krstić B. (2012): Non-persistently aphid-borne viruses infecting pumpkin and squash in Serbia and partial characterization of Zucchini yellow mosaic virus isolates. *Eur. J. Plant Pathol.* 133: 935-947.
- Youssef A. (2017): *Sequence Analyses of Novel Potato Virus YNTN and Resistance-Breaking PVYO Isolates from Sweden*. Independent project/degree project in Biology - Master's thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. <http://stud.epsilon.slu.se>
- Zaitlin M. and Israel H. W. (1975): Tobacco mosaic virus (type strain). *CMI/AAB Description of Plant Viruses*, No 151.

Abstract
ECONOMICALLY IMPORTANT VIRUS DISEASE
OF PEPPER IN SERBIA

**Branka Krstić¹, Ivana Stanković¹, Dragana Milošević², Ana Vučurović¹,
Katarina Zečević¹**

¹University of Belgrade-Faculty of Agriculture, Belgrade

²Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

E-mail: homemadeent@gmail.com

The number of virus species infecting pepper crops and their incidences has increased considerably over the past 30 years. This is probably due to a combination of factors, including the expansion and intensification of pepper cultivation, the increased global trade of plant material carrying viruses and vectors to new locations, and climate change expanding the geographic range suitable for the viruses and vectors. About 68 viruses are known to infect peppers worldwide. Most pepper viruses are distributed worldwide with the exception of viruses that have been reported only in certain geographic areas. Virus-infected peppers generally exhibit a variety of symptoms, the most common of which are mosaic, mottle, necrosis and leaf distortion with consequent reductions in crop growth and yield. More than half of known pepper viruses are transmitted by aphids, and the other common pepper viruses are transmitted by whiteflies, thrips, or by contact and/or through the soil. In Serbia, the presence of five viruses: *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Potato virus Y* (PVY), *Tomato spotted wilt orthotospovirus* (TSWV), *Alfalfa mosaic virus* (AMV) and *Tobacco mosaic virus* (TMV), with the prevalence of CMV and PVY. Some of these viruses cause considerable yield losses. For each economically important virus in Serbia, control measures are reported here.

Key words: pepper viruses, *Potato virus Y*, *Cucumber mosaic virus*, *Tomato spotted wilt orthotospovirus*, *Alfalfa mosaic virus*, *Tobacco mosaic virus*