

# VIRUSI PARADAJZA SA POSEBNIM OSVRTOM NA „EMERGING” VIRUSE

Ivana Stanković, Dušan Nikolić, Ana Vučurović,  
Katarina Zečević, Branka Krstić

Univerzitet u Beogradu-Poljoprivredni fakultet, Beograd

E-mail: ivana.stankovic@agrif.bg.ac.rs

Rad primljen: 21.12.2017.

Prihvaćen za štampu: 29.12.2017.

## Izvod

Paradajz je domaćin oko 146 virusa, međutim samo nekoliko njih izaziva značajne ekonomske štete u kontinuitetu uključujući virus mozaika krastavca (*Cucumber mosaic virus*, CMV), Y virus krompira (*Potato virus Y*, PVY), virus bronzavosti paradajza (*Tomato spotted wilt orthotospovirus*, TSWV), virus mozaika lucerke (*Alfalfa mosaic virus*, AMV), virus mozaika duvana (*Tobacco mosaic virus*, TMV) i virus mozaika paradajza (*Tomato mosaic virus*, ToMV). Međutim, poslednjih godina značajne štete u proizvodnji paradajza u mnogim evropskih zemljama prouzrokuju „*emerging*” virusi, koji se smatraju ekstremno opasnim i čija se pojava očekuje i kod nas: virus mozaika pepina (*Pepino mosaic virus*, PepMV) i grupa virusa koji se prenose leptirastim vašima, uključujući virus žute uvijenosti lista paradajza (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV), virus hloroze paradajza (*Tomato chlorosis virus*, ToCV), virus infektivne hloroze paradajza (*Tomato infectious chlorosis virus*, TICV) i torado virus paradajza (*Tomato torrado virus*, ToTV). Ukoliko eradikacija ovih virusa ne uspe ili nije moguća, potrebno je sprovesti druge mere za prevenciju i kontrolu oboljenja koje ovi virusi izazivaju, a koje su prodiskutovane u ovom radu.

**Ključne reči:** „*emerging*” virusi, virus žute uvijenosti lista paradajza, virus mozaika pepina, virus hloroze paradajza, virus infektivne hloroze paradajza, torado virus paradajza

## UVOD

Proizvodnju paradajza, kako na otvorenom polju, tako i u zaštićenom prostoru, ugrožava veliki broj biljnih virusa. Paradajz je prirodni domaćin 146 virusa (Ssekyewa, 2006), od kojih ekonomski najznačajnije štete u većini regiona gajenja ove kulture prouzrokuju virusi koji se na neperzistentan način prenose biljnim vašima uključujući virus mozaika krastavca (*Cucumber mosaic virus*, CMV), Y virus krompira (*Potato virus Y*, PVY) i virus mozaika lucerke (*Alfalfa mosaic virus*, AMV). Među ekonomski najznačajnije viruse paradajza, ubrajaju se i virus bronzavosti paradajza (*Tomato spotted wilt orthotospovirus*, TSWV) koji se prenosi tripsima, kao i virus mozaika duvana (*Tobacco mosaic virus*, TMV) i virus mozaika paradajza (*Tomato mosaic*

virus, ToMV) koji se prenose mehanički i semenom paradajza (Dovas et al., 2002; Parrella and Crescenzi, 2005; Hanssen et al., 2010a; Jones et al., 2014).

Osim navedenih, sve veću pažnju privlače i virusi koji su u ekspanziji poslednjih godina („*emerging*” virusi) i čije je prisustvo zabeleženo u mnogim evropskim zemljama. Najznačajniji „*emerging*” virusi prisutni u Evropi su virus mozaika pepina (*Pepino mosaic virus*, PepMV) i virusi iz kompleksa žute uvijenosti lista paradajza (*Tomato yellow leaf curl diseases*, TYLCD), a sve češće proizvodnja paradajza biva ugrožena i pojavom novih virusa, uključujući virus hloroze paradajza (*Tomato chlorosis virus*, ToCV), virus infektivne hloroze paradajza (*Tomato infectious chlorosis virus*, TICV) i torado virus paradajza (*Tomato torrado virus*, ToTV) (Hanssen et al., 2010a; Jones et al., 2014).

Veliki problem u proizvodnji paradajza, što se tiče virusnih oboljenja, predstavlja i česta pojava dva ili više virusa u mešanim infekcijama. Gubici u proizvodnji paradajza variraju u zavisnosti od toga koji je virus ili njegov soj prouzrokovao oboljenja, od osetljivosti sorte paradajza, fenofaze razvoja biljke u vreme infekcije, spoljašnjih uslova pre svega temperature, prisustva drugih patogena i od stepena zaraženosti useva i kreću se od 5 do 90% (Hanssen and Lapidot, 2012; Jones et al., 2014).

### **Virus žute uvijenosti lista paradajza**

Virus žute uvijenosti lista paradajza (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV) prvi put je zabeležen 1959. godine na paradajzu u Izraelu (Cohen i Harpaz, 1964). Ubrzo nakon prvog opisa ovog virusa u Izraelu otkriveni su izolati iz Indije i jugoistočne Azije koji su se razlikovali od mediteranskih izolata i imenovani su kao različiti sojevi: mediteranski, sardinijski, izraelski i istočnomediteranski soj. Uvođenjem molekularnih metoda u proučavanje taksonomskog međudnosa različitih izolata prouzrokovaca žute uvijenosti lista paradajza (*Tomato yellow leaf curl disease*, TYLCD) ustanovljeno je da prouzrokovac nije jedna vrsta virusa kako se dugo smatralo, već da se radi o kompleksu vrsta koje se međusobno ne razlikuju na osnovu morfologije i simptoma koje izazivaju na biljkama domaćina, već se razlikuju na osnovu stepena nukleotidne sličnosti (Hanssen and Lapidot, 2012). Prema poslednjem X izveštaju Internacionalnog komiteta za taksonomiju virusa u okviru kompleksa žute uvijenosti lista paradajza izdvojeno je jedanaest virusa, od kojih su u većini mediteranskih zemalja najznačajniji: virus žute uvijenosti lista paradajza (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV, ranije TYLCV-Is soj) i virus žute uvijenosti lista paradajza-Sardinija (*Tomato yellow leaf curl Sardinia virus*, TYLCSV, ranije TYLCV-Sar soj). Poslednjih godina u Španiji i Italiji je detektovan još jedan *Begomovirus*, virus uvijenosti lista paradajza-New Delhi (*Tomato leaf curl New Delhi virus*, ToLCNDV) koji nanosi štete u proizvodnji paradajza, ali i brojnih vrsta tikava, naročito cukini tikvice. Iz kompleksa žute uvijenosti lista paradajza u Evropi su prisutni još i: *Tomato yellow leaf curl Malaga virus* (TYLCMaV) i *Tomato yellow leaf curl Axarquia virus* (TYLCAxV) (Hanssen and Lapidot, 2012; Zerbini et

al., 2017). Međutim, česte mešane infekcije i moguća pojava rekombinacija mogu dovesti i do pojave novih vrsta ili varijanti postojećih vrsta virusa.

Virus žute uvijenosti lista paradajza (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV) je predstavnik roda *Begomovirus*, familije *Geminiviridae* i svrstava se u grupu virusa koji su u ekspanziji i čiji značaj naglo raste poslednjih godina.

**Rasprostranjenost i značaj.** TYLCV je virus koji nanosi najznačajnije štete u proizvodnji paradajza u mediteranskom regionu, kao i u mnogim tropskim i subtropskim regionima širom sveta (Hanssen and Lapidot, 2012). Pojavom novih vrsta u okviru kriptične vrste duvanove leptiraste vaši - *Bemisia tabaci*, tokom 80-ih godina XX veka došlo je do naglog širenja ovog virusa u EPPO regionu. Danas, virus je prisutan u mnogim zemljama mediteranskog regiona uključujući Egipat, Izrael, Liban, Siriju, Tursku, Francusku, Grčku, Italiju, Portugaliju, Španiju, Maltu i Kipar. Osim, u Evropi virus je prisutan i u mnogim zemljama Azije, Severne i Centralne Amerike, Austraije i Okeanije (OEPP/EPPO, 2005b; Hanssen and Lapidot, 2012). Kako ovaj virus predstavlja moguću rizik i za našu zemlju, od 2005. godine vrši se stalni nadzor i ispitivanje prisustva ovog virusa kod nas, ali prisustvo virusa, kao i njegovog vektora u našoj zemlji nije utvrđeno i nalazi se na IA deo I karantinskoj listi štetnih organizama koji nisu prisutni u Republici Srbiji i čije je unošenje u Srbiju zabranjeno.

TYLCV predstavlja veoma važan problem u proizvodnji svog osnovnog domaćina, paradajza, u svim zemljama u kojima je njegovo prisustvo ustanovljeno. Usev paradajza može biti zaražen u izuzetno visokoj meri i do 95%, sa značajnim ekonomskim gubicima (Isakeit et al., 2007). Ovaj virus je izuzetno značajan u proizvodnji u tropskim i subtropskim zemljama, tako da je proizvodnja paradajza u Libanu bila potpuno uništena, a postoje i navodi o smanjenju prinosa do 80% usled zaraze TYLCV. U Australiji su zabeležene štete i od 100% na paradajzu u zaštićenom prostoru, a proizvodnja paradajza na otvorenom prostoru u Egiptu svake godine biva smanjena za 5-35% (loc. cit. Krstić i Bulajić, 2007).

**Osobine virusa.** TYLCV ima udvojene čestice (čestice „blizanci”), koje su kvaziizometrijske, prečnika oko 20 nm, dok je približna dužina udvojenih čestica oko 30 nm. Udvojene čestice TYLCV sastoje se od dva nekompletna T=1 ikozaedra spojena u jednu strukturu sa 22 kapsomere u vidu pentamera i 110 identičnih proteinskih podjedinica (Gafni, 2003). Za razliku od većine predstavnika roda *Begomovirus*, TYLCV ima jednodelni genom u vidu jednodlančane cirkularne DNA. Na genomu se nalazi 6 otvorenih okvira očitavanja (*open reading frame*, ORF) koji se delimično preklapaju i kodiraju proteine od 10 kDa ili veće. ORF V1 i V2 kodiraju sintezu proteina omotača (*coat protein*, CP), virusno su orijentisani i preklapaju se. Uloga preostala 4 ORF je u vezi sa replikacijom (Zerbini et al., 2017).

**Domaćini.** TYLCV ima relativno uži krug domaćina (OEPP/EPPO, 2005b). Glavni prirodni domaćin ovog virusa je paradajz, a pored njega u značajne domaćine ubraja se i duvan, krompir, pasulj i paprika, kao i neke vrste iz familije tikava uključujući lubenicu, cukini tikvice, dinju i krastavac. Zabeležene su i brojne

infekcije korovskih biljaka koje mogu ispoljavati simptome ili ne, uključujući *Datura stramonium*, *Malva parviflora*, *Solanum nigrum*, *Cleome viscosa*, *Croton lobatus* i *Physalis* spp. Osim toga zabeležena je i prirodna zaraza nekih vrsta ukrasnih biljaka kao što su: lizijantus (*Eustoma grandiflora*) i petunija (*Petunia x hybrida*) (loc. cit. Krstić i Bulajić, 2007).

**Simptomi.** Simptomi koje TYLCV izaziva na paradajzu variraju u zavisnosti od fenofaze razvoja biljke, vremena infekcije, uslova spoljašnje sredine i genotipa paradajza (OEPP/EPPO 2005b). Najznačajniji tipovi simptoma su izražena kržljivost (patuljavost) biljaka, redukcija lisne površine i usitnjenost lišća (Slika 1). Lišće razvijeno posle infekcije je hlorotično i deformisano, sa marginama uvijenim nagore i prema unutra (Slika 2). Tako uvijeni listovi često vise na dole i čvrsti su, ne meki kao kod uvelih biljaka. Listovi su zadebljali, kožaste teksture i često imaju prosvetljavanje tkiva oko nerava ili sa naličja. Mlađi listovi su hlorotični, a oko nerava se zadržava zelena boja. Simptomi na plodovima zavise od vremena infekcije. Ako je infekcija rana, plodovi se ne formiraju ili su mali, suvi i nisu za upotrebu. Kod infekcija u kasnijim fazama razvoja nema zametanja novih plodova, jer biljka prestaje da cveta, ali plodovi koji su pre infekcije započeli razvoj, sazrevaju skoro bez vidljivih simptoma (Hanssen and Lapidot, 2012; Jones et al., 2014).



**Slika 1.** TYLCV: Žutilo, usitnjenost lišća i kržljivost biljke (Foto: orig.)



**Slika 2.** TYLCV: Hloroza i uvijanje margina lišća na gore (Foto: orig.)

**Načini prenošenja i održavanja.** Glavni vektor ovog virusa je kriptična vrsta duvanova leptirasta vaš, *Bemisia tabaci* (*whitefly*, *tobacco whitefly*, *silverleaf whitefly*, *sweet potato whitefly*) koja virus prenosi na cirkulativan nepropagativan način. Ovaj kompleks sadrži veći broj različitih vrsta koje nije moguće razlikovati po morfološkim kriterijumima, ali su njihova vektorska uloga i značaj različiti (Lee et al., 2013). Kao najznačajniji vektori navode se vrste *Middle East–Asia Minor 1* (ranije *B. tabaci* biotip B) i *Mediterranean* vrsta (ranije *B. tabaci* biotip Q). Period ishrane vektora potreban za usvajanje virusa kreće se 20–60 min, a ishrana potrebna za obavljanje inokulacije traje 10–30 min, što zavisi uglavnom od izolata. Latentni period unutar insekta je 20–24 h, a TYLCV može da opstane u vektoru 10–12 dana, retko do 20

dana (OEPP/EPPO, 2005b). Ženke su oko šest puta efikasniji vektori od mužjaka, a virus mogu usvojiti i nimfe i odrasle jedinke. Virus se može preneti i transovarijalno. Širenje virusa na veće udaljenosti moguće je međunarodnom trgovinom zaraženog rasada paradajza i/ili biljaka paradajza i drugih biljaka hraniteljki infestiranih sa *B. tabaci*. TYLCV se ne prenosi semenom paradajza, a mehaničko prenošenje ima značaja samo za eksperimentalne svrhe.

**Kontrola.** Mere kontrole oboljenja žute uvijenosti lista paradajza mogu se uslovno podeliti na mere za sprečavanje pojave i mere za sprečavanje širenja zaraze (loc. cit. Krstić i Bulajić, 2007).

Mere za sprečavanje pojave:

1. Sprečavanje unošenja TYLCV u neko područje u zemljama u kojima nije ustanovljeno prisustvo ovog virusa, često se obavlja kroz primenu različitih mera nadzora. Mere posebnog nadzora mogu uključivati praćenje pojave vektora i/ili mere pregleda i detekcije prisustva TYLCV.
2. Ukoliko se u nekoj zemlji ustanovi prisustvo TYLCV i njegovog vektora, treba preduzeti mere da bi se sprečilo njihovo unošenje u konkretan objekat proizvodnje. Prvo treba obratiti pažnju na proizvodnju rasada. Rasad treba gajiti u objektima koji imaju zaštitne mreže finoće 50 meša da bi se sprečio ulazak vektora. I rasad i proizvodne biljke treba stalno pregledati na prisustvo vektora, duvanove leptiraste vaši. Potrebno je koristiti žute lepljive klopke i ukoliko se ustanovi prisustvo vektora, potrebno je pratiti eventualnu pojavu simptoma zaraze TYLCV.
3. Ukoliko je virus rasprostranjen u nekom području, veoma je važno uklanjanje samoniklih biljaka paradajza i suzbijanje korova u cilju smanjenja izvora inokuluma. Takođe, treba izbegavati preklapanje useva paradajza, jer to omogućava vektoru da opstane i razvije nove generacije.
4. Usev paradajza u polju zasnovati u izolovanim lokacijama. Ukoliko je moguće, oko useva paradajza treba zasaditi zaštitni pojas od biljaka viših od paradajza, kao što je kukuruz. Korisno je i usađivanje biljaka mamaka za vektore, kao što je krstavac. Kada se populacija vektora sakupi na biljkama mamcima, one se onda tretiraju insekticidima, ali osnovni nedostatak je što onda drugi virusi, kao virus mozaika krstavca, mogu dobiti na značaju.
5. Po završetku proizvodnog ciklusa treba odmah ukloniti i uništiti biljne ostatke.
6. Korisna mera je i malčiranje slamom, plastičnim folijama ili materijalima koji reflektuju UV-zračenje, čime se smanjuje doletanje leptiraste duvanove vaši.

Mere za ograničenje širenja zaraze

1. Uklanjanje i uništavanje zaraženih biljaka. Prilikom uništavanja zaraženih biljaka potrebno je navući plastičnu kesu preko biljke, čvrsto je vezati u osnovi biljke da bi se sprečilo da leptiraste vaši odlete na druge biljke i tako ostaviti da se biljka i vektor osuše nekoliko dana i tek onda izbaciti. Moguće je i zaražene biljke tretirati insekticidima, pa ih onda pažljivo spakovati i ukloniti iz objekta.



2. Hemijska kontrola vektora. Hemijska kontrola vektora uključuje primenu sistemskih insekticida zalivanjem zemljišta ili običnim prskanjem u fazi sejanaca da bi se smanjila populacija vaši. Drugo tretiranje može da bude neophodno da bi se kontrolisali adulti koji su ostali i razvili se posle prvog tretiranja, a neophodna je i rotacija insekticida sa različitim mehanizmom delovanja da bi se izbeglo razvijanje rezistentnosti vektora. Takođe, tretiranje biljaka mineralnim uljima može smanjiti infestaciju vektorima, a tretiranje ekstraktom semena biljke *Azadirachta indica* (*neem tree seed extracts*) kontroliše mlade nimfe, inhibira rast i razvoj starijih adulta i smanjuje polaganje jaja.
3. Selekcija i gajenje otpornih sorti. Tokom dugogodišnjih istraživanja u Izraelu i SAD dobijene su tolerantne sorte paradajza, ali njihova otpornost veoma često biva prevaziđena pod snažnim infekcionim pritiskom TYLCV, tako da ih je potrebno hemijski štititi, naročito u ranim fazama gajenja. Ovakve sorte daju prinos u prisustvu TYLCV, ali u njima dolazi do replikacije virusa i, što je značajnije, mogu služiti kao izvor inokuluma za širenje zaraze. Osim toga, geni koji nose kvantitativnu otpornost na TYLCV ustanovljeni su u biljkama vrsta *Lycopersicon chilense* i *L. pimpinellifolium*, a postoje razlike i u ispoljavanju simptoma i količini nagomilanog TYLCV u različitim genotipovima i vrstama paradajza i drugih *Lycopersicon* sp. Drugi, u poslednje vreme primenjivani pravac konvencionalne selekcije na otpornost, odnosi se na selekciju genotipova koji ispoljavaju otpornost na vektor *B. tabaci*. Međutim, većina strategija za poboljšanje otpornosti u komercijalnim sortama paradajza svodi se na njihovu genetičku transformaciju. Tako su dobijene i prve transgene biljke paradajza u koje je unet gen za proteinski omotač TYLCV i koje su ispoljavale rezistentnost. Međutim, velika varijabilnost i brzo širenje različitih vrsta TYLCV u nova područja često dovode do prevazilaženje otpornosti.

### Virus mozaika pepina

Virus mozaika pepina (*Pepino mosaic virus*, PepMV) pripada rodu *Potexvirus*, familija *Alphaflexiviridae*, red *Tymovirales*. Virus ispoljava sve osobine karakteristične za rod *Potexvirus*, izuzev što je izuzetno lako mehanički prenosiv i ubraja se u grupu visoko infektivnih virusa.

**Rasprostranjenost i značaj.** PepMV je prvi put otkriven u državi Peru 1974. godine (Jones et al., 1980) kao prouzročivač oboljenja biljke pepino (*Solanum muricatum*). Međutim, na sebe je pažnju privukao krajem 90-ih godina XX veka, kada je pronađen na paradajzu u Holandiji (van der Vlugt et al., 2000). Za samo nekoliko godina virus je postao ozbiljna pretnja proizvodnji paradajza u zaštićenom prostoru u mnogim delovima sveta, imajući u vidu epidemije zabeležene u Velikoj Britaniji, Francuskoj, Španiji, SAD, Poljskoj i Belgiji (Hanssen and Lapidot, 2012). Kako ovaj virus predstavlja mogući rizik i za našu zemlju, od 2005. godine vrši se stalni nadzor i ispitivanje prisustva ovog virusa kod nas, ali njegovo prisustvo nije

ustanovljeno i nalazi se na IA deo I karantinskoj listi štetnih organizama Republike Srbije.

Iako jačina simptoma na biljkama paradajza zavisi od uslova spoljašnje sredine, soja virusa i osetljivosti genotipa paradajza, štete koje nastaju su uvek velike zbog formiranja plodova bez tržišne vrednosti. Procenjuje se, da se štete koje ovaj virus nanosi proizvodnji paradajza u Španiji kreću od 20 do 40% svake godine, dok se štete u Holandiji kreću od onih koje nisu ekonomski značajne do oko 15% (loc. cit. Krstić i Bulajić, 2007). U određenim uslovima, zaražene biljke paradajza ispoljavaju simptome naglog uvenuća i bivaju potpuno uništene kada su i štete znatno veće. Osim toga biljke zaražene ovim virusom su osetljivije i na druge prouzrokovane bolesti, kao što su fitopatogene gljive iz roda *Verticillium*, što indirektno povećava njegovu štetnost.

**Osobine virusa.** Čestice PepMV su končaste, veličine 508 x 11 nm. Genom čini jednolančana infektivna RNA [ss (+) RNA], koja ima ukupno 5 otvorenih okvira čitanja (*open reading frame*, ORF), a na 3' kraju se nalazi region izgrađen iz više adenine [*poly(A) tail*]. Smatra se da ORF1 kodira RNA zavisnu RNA polimerazu (RdRp), ORF2 do ORF4 sačinjavaju trostruki genski blok, dok ORF5 kodira protein omotača virusa (King et al., 2011).

PepMV je veoma varijabilan i do sada je opisan veći broj sojeva koji se međusobno razlikuju po vremenu i načinu ispoljavanja simptoma, kao i koncentraciji virusa u zaraženim biljkama paradajza. Svi do sada opisani izolati grupisani su u pet grupa: LP genotip (Peruanski izolati), EU genotipovi (Evropski izolati), US1 i US2 (Američki genotipovi) i CH2 genotipovi (izolati poreklom iz Čilea). U Evropi su prisutni EU, LP, US2 i CH2 genotipovi, međutim najnovija proučavanja pokazuju dominantno prisustvo CH2 genotipa i pojavu rekombinantnih genotipova između EU i CH2. U mnogim evropskim zemljama u komercijalnoj proizvodnji paradajza, CH2 genotip koji izaziva izraženije simptome a samim tim i veće štete, naglo se širi i zamenjuje EU genotipove, koji su do sada bili dominantni (Hanssen and Lapidot, 2012).

**Domaćini.** PepMV ima uzak krug domaćina, uglavnom u okviru familije Solanaceae. U najznačajnije prirodne domaćine ovog virusa ubrajaju se paradajz, plavi patlidžan, paprika i krompir (Salomone i Roggero, 2002). Osim toga značajni domaćini su i neke korovske vrste, kao što su: *Amaranthus* sp., *Malva parviflora*, *Nicotiana* sp., *Solanum nigrum*, *Sonchus oleraceus*, *Taraxacum vulgare*, *Chenopodium murale*, *Convolvulus arvensis*, kao i divlje vrste iz roda *Lycopersicon*, *L. chilense*, *L. chmielewskii*, *L. parviflorum* i *L. peruvianum* (Soler et al., 2002).

**Simptomi.** Simptomi koje ovaj virus izaziva uočavaju se 2-3 nedelje posle infekcije i imaju tendenciju širenja duž redova biljaka. Na lišću zaraženih biljaka javljaju se žute pege i mrlje (Slika 3), lišće je šiljasto i suženo, često praćeno pojavom klobučavosti i blagim žućenjem međunervalnog tkiva. Zaražene biljke imaju kržljav vrh usled smanjenog porasta i njihov izgled podseća na oštećenja od hormonskih herbicida. Izgled vrha biljke može da podseća i na lišće koprive (*nettle-like head*).

Osim toga, lišće oko vrha može da ima tamne pege, a donje lišće smeđe, nekrotične pege. Na stablu se mogu javiti smeđe pruge koje mogu da prstenuju stablo blizu tačke porasta kao i cvetnu dršku i ova pojava ometa razvoj cvetova prouzrokujući njihovo opadanje. Najkarakterističniji simptom zaraze izazvane ovim virusom je neravnomerno sazrevanje plodova koja dovodi po pojave simptoma opisanog kao mramoravost plodova (Hanssen and Lapidot, 2012; Jones et al., 2014). Pojedini izolati mogu izazivati propadanje i naglo uvenuće celih biljaka, dok neki izolati izazivaju jedva приметne simptome ili latentne zaraze.



Slika 3. PepMV: Žute fleke na lišću paradajza (Foto: orig.)

**Načini prenošenja i održavanja.** Virus je lako mehanički prenosiv, što nije uobičajeno i nije opšta karakteristika roda *Potexvirus*. Lako se prenosi međusobnim dodirivanjem zaraženih i zdravih biljaka, kao i kontaminiranim oruđem, odećom ili rukama radnika prilikom obavljanja različitih agrotehničkih mera. Insekti ili drugi vektori PepMV u prirodi nisu utvrđeni, ali zbog lakog mehaničkog prenošenja i visoke stabilnosti virusa, insekti oprašivači (bumbari) i gljiva *Olpidium virulentus*, patogen korena paradajza mogu doprineti širenju virusa u usevu (Hanssen and Lapidot, 2012). Osim lakog mehaničkog prenošenja, širenje virusa na veće udaljenosti omogućeno je i prenošenjem virusa semenom paradajza. Procenat prenošenja semenom je veoma nizak i kreće se od 0,005% do 0,057% (najčešće 0,026%) (Hanssen et al., 2010b). PepMV se prenosi i kalemljenjem ukoliko se paradajz kalemi na posebno selekcionisane podloge.

Kao mogući izvori zaraze navode se i: zaražene biljke, zaostali zaraženi biljni materijal iz prethodne proizvodnje, biljni sok na rukama, opremi, oruđu i odeći, plodovi zaraženih biljaka, odnosno meso ploda oko semena i seme kontaminirano biljnim ostacima.

**Kontrola.** Kontrola oboljenja koje PepMV izaziva izuzetno je teška, pre svega zbog visoke infektivnosti virusa i dugog perioda od zaraze do pojave simptoma. Kao i kod oboljenja žute uvijenosti lista paradajza, sve mere se mogu podeliti na mere za



sprečavanje unošenja virusa u područja gde nije prisutan i na mere za ograničenje širenja zaraze koje se preduzimaju u slučaju pojave ovog virusa u nekom objektu (loc. cit. Krstić i Bulajić, 2007).

1. Zdravo seme i rasad. Najvažnija mera je sprečiti unošenje virusa u staklenike, a to znači započeti proizvodnju paradajza zdravim semenom i rasadom. Zdravo seme ima naročit značaj imajući u vidu da je ovaj virus za sada značajan samo u proizvodnji u zaštićenom prostoru, u koji može biti unet samo semenom ili zaraženim rasadom. Bez obzira na zdravstveno stanje semena, poželjno je izvršiti dezinfekciju semena. Seme se može dezinfikovati potapanjem u 1% rastvor natrijumtrifosfata ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) u trajanju od 45 min, a zatim u 0,5% rastvoru natrijumhipohlorita ( $\text{NaOCl}$ ) u trajanju od 30 min nakon čega seme treba dobro isprati vodom i osušiti.
2. Sanitarne mere. Da bi se unošenje i širenje virusa u staklenicima svelo na minimum, treba se pridržavati strogih pravila higijene u toku svih faza razvoja biljke i izvršiti kompletnu dezinfekciju staklenika između dva useva. Oruđe za rad (nož, makaze) i rukavice na rukama treba potapati u obrano mleko (sa najmanje 3,5% proteina) između rada na svakoj biljci, što otežava eventualno prenošenje virusa sa biljke na biljku tokom obavljanja ovih operacija. Sva ulazna vrata staklenika držati zatvorena, a ispred njih postaviti posude napunjene uvek svežim rastvorom  $\text{NaOH}$  ili  $\text{KOH}$  za dezinfekciju obuće. Posete stakleniku dozvoljavati samo najavljenim posetiocima, koji moraju da koriste plastične navlake za obuću ili gumene čizme, lateks rukavice i zaštitnu odeću (kombinezone).
3. Uklanjanje i uništavanje zaraženih biljaka i dosađivanje novih. Korisno je i odstranjivanje zaraženih biljaka, ali zbog lakog mehaničkog prenošenja neophodno je ukloniti i susedne biljke, koje su verovatno zaražene ali još nisu ispoljile simptome. Ukoliko se vrši dosađivanje biljaka na mesto odstranjenih, veoma je važno koristiti nove stubove, veze, kapaljke i ostale plastične ili gumene predmete. U suprotnom, mlade biljke brzo bivaju zaražene, jer su se infektivne čestice virusa zadržale na površini korišćenih predmeta.
4. Uklanjanje i uništavanje biljnih ostataka. Po završetku ciklusa proizvodnje treba ukloniti sve biljne ostatke iz proizvodnog objekta i upakovati u plastične kese, spaliti, duboko zakopati ili odložiti na deponiju.
5. Dezinfekcija staklenika. Staklenike i druge objekte za proizvodnju paradajza u kojima je prethodno utvrđena zaraza pre početka nove proizvodnje treba detaljno očistiti i dezinfikovati. Prvo treba izbaciti sve biljke i svu plastičnu opremu u zatvorenim kontejnerima i odložiti ih na deponiju, a zatim dobro očistiti stakla i glavni prolaz toplom vodom pod visokim pritiskom. Cevi za navodnjavanje potope se u azotastu kiselinu (pH 1,0) 24 h, a ostali delovi sistema za navodnjavanje u 10% rastvor natrijumtrifosfata u trajanju od 48 h. Posle ovog čišćenja, staklenik treba istretirati nekim fumigantom.
6. Otporne sorte. Kao i kod drugih biljnih virusa, najbolji način kontrole oboljenja koje prouzrokuje ovaj virus jeste gajenje otpornih sorti. Povećanje ekonomskog

značaja ovog virusa, uslovalo je i pojavu intenzivnih ispitivanja u cilju iznalaženja genotipova paradajza sa određenim nivoom otpornosti. U cilju iznalaženja izvora otpornosti na PepMV obavljena su brojna istraživanja i testirani su razni predstavnici rodova *Lycopersicon* i *Solanum* (*L. cheesmanii*, *L. chilense*, *L. esculentum*, *L. esculentum* var. *cerasiforme*, *L. hirsutum*, *L. pennellii*, *L. peruvianum* i *L. pimpinellifolium*, kao i *S. basendopogon*, *S. canense*, *S. caripense*, *S. muricatum*, *S. ochrantum* i *S. pseudocapsicum*). Određeni nivo tolerantnosti ustanovljen je kod genotipova vrsta *S. peruvianum* i *S. chilensem*, rezistentni genotipovi unutar vrste *S. habrochaites*, dok je u određenim klonovima *S. ochrantum* i *S. pseudocapsicum* zabeležena smanjena akumulacija virusnih čestica u zaraženim biljkama, ali za sada nema komercijalno dostupnih genotipova paradajza otpornih na ovaj virus.

7. Unakrsna zaštita. U poslednje vreme pronađeni su i avirulenti izolati ovog virusa čije bi prethodno unošenje u biljku domaćina moglo da spreči zarazu sa virulentnim izolatima i čija je registracija kao pesticida u toku.

### Virus hloroze paradajza

Virus hloroze paradajza (*Tomato chlorosis virus*, ToCV) pripada rodu *Crinivirus*, familija *Closteroviridae* i, zajedno sa TICV, ubraja se u grupu crinivirusa infektivnih za paradajz koji su u progresiji poslednjih godina.

**Rasprostranjenost i značaj.** Simptomi u vidu žutila međunervalnog tkiva koje izaziva ToCV prvi put su zabeleženi na Floridi 1989. godine (Wisler et al., 1998b). Danas, ToCV ima nešto širi areal rasprostranjenja od TICV i zabeležen je u SAD, Italiji, Francuskoj, Grčkoj, Mađarskoj, Španiji, Portugaliji, Maroku, Kanarskim ostrvima, Južnoj Africi i Tajvanu (OEPP/EPPO, 2005a; Hanssen and Lapidot, 2012). ToCV se nalazi na A2 EPPO karantinskoj listi, kao i na IA deo I karantinskoj listi štetnih organizama koji nisu prisutni u Republici Srbiji i čije je unošenje u Srbiju zabranjeno. Od 2018. godine, ovaj virus je stavljen pod poseban nadzor Uprave za zaštitu bilja, Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine zbog povećanog rizika introdukcije u našu zemlju.

Postoji malo podataka o štetama koje ToCV izaziva u usevu paradajza. Pojava ovog virusa u usevima paradajza u dve španske provincije, Malaga i Almerija, privukla je na sebe pažnju naučnika usled ozbiljnih gubitaka nastalih usled smanjenog porasta i odloženog zrenja plodova. Narednih sezona pojava žutila paradajza zabeležena je u većini regiona gajenja ove kulture u Malagi i to sa visokom učestalošću. Pojava epidemija uvek je bila povezana i sa znatnim povećanjem brojnosti vektora, kriptične vrste duvanove leptiraste vaši - *B. tabaci*. Procenat zaraženih biljaka u pojedinim usevima bio je i preko 30% (Navas-Castillo and Moriones, 2000). Hanafi (2002) navodi da je pojava ovog virusa dovela do ozbiljnih šteta u proizvodnji paradajza u staklenicima tokom 2002. godine. Takođe, isti autori navode i da jačina simptoma i štete koje ovaj virus izaziva u mnogome zavise od osetljivosti sorte paradajza.

**Osobine virusa.** Čestice ToCV su izdužene, dužine od 800 do 850 nm. Genom čine dve jednolančane infektivne RNA [ss (+) RNA] označene kao RNA 1 i RNA 2 i

nalaze se u odvojenim česticama. Na RNA 1 se nalaze četiri otvorena okvira čitanja (ORF, *open reading frame*) koji kodiraju proteine uključene u replikaciju virusa, dok se na RNA 2 nalazi devet ORF koji kodiraju protein proteinskog omotača i protein koji omogućava kretanje virusa u biljci, kao i protein koji ima ulogu u prepoznavanju i prenošenju vektorima (Hanssen and Lapidot, 2012).

**Domaćini.** Glavni prirodni domaćin ovog virusa je paradajz (Wisler et al., 1998a), a zabeležene su i zaraze paprike u Španiji. Osim toga ToCV je infektivan i za ukrasne biljke roda *Zinnia*, a prisustvo virusa zabeleženo je i na korovskim vrstama iz familije Solanaceae: *Datura stramonium* i *Solanum nigrum*. Za razliku od TICV, ToCV nije infektivan za zelenu salatu (OEPP/EPPO, 2005a).

**Simptomi.** Simptomi u vidu hlorotičnog šarenila koje izaziva ToCV prvo se uočavaju na donjim listovima, a sa razvojem bolesti se šire ka vršnom lišću. Zaraženo lišće se uvija, često je zadebljalo i šušti pri dodiru (Slika 4). Osim žutila međunervalnog tkiva može doći i do pojave crvenih ili smeđe obojenih nekrotičnih pega, dok na cvetovima i plodovima nema jasno vidljivih simptoma. Plodovi zaraženih biljaka su sitniji i kasnije sazrevaju kao posledica smanjenja fotosinteze, što direktno dovodi do gubitaka u prinosu. Simptomi koje izaziva ToCV su veoma slični sa simptomima koje izaziva TICV (Wisler et al., 1998a, 1998b). Osim toga, simptomi koje ovaj virus izaziva, kao i kod drugih *Crinivirus*-a, često se pripisuju abiotskim činiocima kao što su nedostatak hranljivih elemenata, različite fiziopatije ili oštećenja nastala od neadekvatne primene pesticida (OEPP/EPPO, 2005a).

**Načini prenošenja i održavanja.** Osnovni način širenja ovog virusa u prirodi je prenošenje vektorima-leptirastim vašima. Vektori virusa su dve vrste roda *Trialeurodes*, *T. vaporariorum* i *T. abutiloneus*, i kriptična vrsta duvanova leptirasta vaš *Bemisia tabaci* (Wisler et al., 1998a). Leptiraste vaši virus prenose na poluperzistentan način. *T. vaporariorum* je prisutna kako na otvorenom polju tako i u zaštićenom prostoru širom sveta, dok je *B. tabaci* više vezana za zaštićeni prostor i ako je prisutna u mnogim zemljama EPPO regiona nalazi se na A2 karantinskoj listi. *T. abutiloneus* je prisutna na Kubi i SAD (OEPP/EPPO, 2005a). Kao i drugi virusi roda *Crinivirus*, ni ToCV se ne prenosi semenom svojih domaćina. Širenje virusa na veće udaljenosti moguće je međunarodnom trgovinom zaraženog rasada paradajza i/ili biljaka paradajza infestiranih vektorima ovog virusa, pa posebnu pažnju, naročito u zemljama gde virus još nije prisutan, treba obratiti na primenu karantinskih mera i strogu kontrolu uvoza rasada paradajza (Hanssen and Lapidot, 2012).

**Kontrola.** Kontrola oboljenja koje ToCV izaziva izuzetno je teška, pre svega zbog brzog razvoja rezistentnosti kod vektora i uglavnom su usmerene na kontrolu populacije vektora ovog virusa (OEPP/EPPO, 2005a, Hanssen and Lapidot, 2012). Kao najznačajnije mere kontrole oboljenja koje ovaj virus izaziva navode se:

1. Karantinske mere. Stroga kontrola uvoza rasada paradajza treba da uključi kako mere pregleda i detekcije prisustva ToCV u biljkama paradajza, tako i praćenje i kontrolu prisustva vektora ovog virusa.

2. Proizvodnja i upotreba zdravog rasada. Rasad paradajz treba proizvoditi u objektima koji imaju zaštitne mreže finoće 50 meša da bi se sprečilo ulazak vektora. Osim toga, rasad treba stalno pregledati na prisustvo vektora. Potrebno je koristiti žute lepljive klopke i ukoliko se ustanovi prisustvo vektora, pratiti eventualnu pojavu simptoma zaraze ToCV.
3. Uništavanje zaraženih biljaka. Ukoliko se primete zaražene biljke potrebno ih je pravilno ukloniti iz objekta kako bi se sprečilo dalje širenje zaraze. Preko zaraženih biljaka navući plastičnu kesu, čvrsto je vezati u osnovi biljke da bi se sprečilo da leptiraste vaši odlete na druge biljke i tako ostaviti da se biljka i vektor osuše nekoliko dana i tek onda izbaciti.
4. Uništavanje biljnih ostataka. Nakon završetka ciklusa proizvodnje korisna mera je uklanjanje i uništavanje svih biljnih ostataka kako bi se sprečilo održavanje virusa i vektora.
5. Kontrola vektora. Hemijska kontrola vektora je izuzetno teška, naročito kod *B. tabaci* koja brzo razvija rezistentnost na sve grupe insekticida. Naročito treba voditi računa da se stalno vrši rotacija insekticida sa različitim mehanizmom delovanja između kojih nema ukrštene rezistentnosti. Dobri rezultati u kontroli *T. vaporariorum* postižu se i primenom parazitne osice *Encarsia formosa*, ali ne i u kontroli *B. tabaci*. U biološkoj kontroli *B. tabaci* zadovoljavajući rezultati postižu se korišćenjem predatora, *Delphastus pusillus*.
6. Otporne i tolerantne sorte. Za sada ne postoje otporne i tolerantne sorte paradajza prema ovom virusu, ali su otkriveni izvori otpornosti kod divljih srodnika paradajza.

### Virus infektivne hloroze paradajza

Virus infektivne hloroze paradajza (*Tomato infectious chlorosis virus*, TICV) je još jedan od „*emerging*” virusa paradajza iz roda *Crinivirus*, familije *Closteroviridae* koji poslednjih godina nanosi velike štete u proizvodnji ove kulture u mnogim evropskim zemljama.

**Rasprostranjenost i značaj.** TICV je prvi put dokazan na paradajzu gajenom na otvorenom polju 1993. godine u Kaliforniji (Duffus et al., 1996), kada je za samo jednu sezonu izazvao štete procenjene na 2 miliona dolara (Wisler et al., 1996). Danas, TICV je rasprostranjen u Meksiku, SAD, Grčkoj, Italiji, Španiji, Jordanu, Bugarskoj, Indoneziji, Japanu i Tajvanu (OEPP/EPPO, 2009; Hanssen and Lapidot, 2012). I TICV, kao i ToCV se nalaze na A2 EPPO karantinskoj listi, dok su kod nas na IA deo I karantinskoj listi štetnih organizama koji nisu prisutni u Republici Srbiji i čije je unošenje u Srbiju zabranjeno nalazi samo ToCV. Kod nas je pod posebnim nadzorom koji sprovodi Uprava za zaštitu bilja, Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine od 2018. godine zbog povećanog rizika introdukcije u našu zemlju.

Nakon prve epidemije izazvane ovim virusom u SAD, kada je procenat zaraženih biljaka u pojedinim lokalitetima dostizao i 100%, a prosečno smanjenje prinosa bilo između 20% i 50%, TICV se smatra manje značajnim virusom paradajza

u SAD (OEPP/EPPO, 2009). Za razliku od SAD, TICV predstavlja ozbiljnu pretnju proizvodnji paradajza, naročito u mediteranskim zemljama gde je prisutna kontinuirana proizvodnja paradajza tokom čitave godine, ne samo u zaštićenom prostoru, već i na otvorenom polju. U Grčkoj, procenat zaraze u pojedinačnim usevima kreće se od 80% do 100% (Dovas et al., 2002).

**Osobine virusa.** Čestice TICV su izdužene, filamentozne različite dužine. Dužina čestica najčešće je 800-850 nm, ali izmerene su i čestice dužine 1550-1600 nm (OEPP/EPPO, 2009). Genom, kao i kod ToCV, čine dve jednolančane infektivne RNA [ss (+) RNA] označene kao RNA 1 i RNA 2 i nalaze se u odvojenim česticama. Na RNA 1 se nalaze četiri otvorena okvira čitanja (ORF, *open reading frame*) koji kodiraju proteine uključene u replikaciju virusa, dok se na RNA 2 nalazi osam ORF koji kodiraju protein proteinskog omotača i protein uključen u kretanje virusa, kao i protein koji ima ulogu u prepoznavanju i prenošenju vektorima (Hanssen and Lapidot, 2012).

**Domaćini.** Paradajz (*Solanum lycopersicum*) je glavni prirodni domaćin TICV, a pored njega u značajne domaćine ubrajaju se i zelena salata (*Lactuca sativa*), artičoka (*Cynara scolymus*), zeleni tomatiljo (*Physalis ixocarpa*), kao i ukrasne biljke *Petunia x hybrida*, *Ranunculus* sp., *Callistephus chinensis* i *Zinnia elegans* (Wissler et al., 1998a). Prirodni domaćini ovog virusa su i neke vrste korova, uključujući *Picris echioides*, *Nicotiana glauca*, *Cynara cardunculus*, *Chenopodium album* i *C. murale* koji imaju značaja za održavanje virusa (OEPP/EPPO, 2009).

**Simptomi.** TICV izaziva slične simptome kao ToCV na osnovu kojih se ne mogu međusobno razlikovati (Wisler et al., 1998a). Početni simptomi se uočavaju 3-4 nedelje nakon inokulacije u vidu žutila međunervalnog tkiva i zadebljavanja starijeg lišća (Slika 4) koji podsećaju na simptome nedostatka nekog hranljivog elementa ili oštećenja od pesticida. Sa razvojem bolesti zaraženi listovi zadebljavaju, uvijaju se, postaju krti i lako se lome. Vršno lišće je bez simptoma i izgleda normalno. Simptoma na plodovima nema, ali su plodovi zaraženih biljaka sitniji, obrazuje se manji broj i sazrevanje je usporeno (Duffus et al., 1996).

**Načini prenošenja i održavanja.** Osnovni način širenja TICV je prenošenje belom leptirastom vaši, *Trialeurodes vaporariorum*. Ova leptirasta vaš prenosi TICV na poluperzistentan način. Za usvajanje virusa potrebna je duža ishrana oko jednog časa, ali sa produžavanjem perioda ishrane povećava se i efikasnost usvajanja virusa. Za zaražavanje zdravih biljaka neophodna je ishrana od 1 h (Duffus et al., 1996). Kao i ToCV, TICV se ne prenosi semenom svojih domaćina, ali je moguće širenje virusa na veće udaljenosti međunarodnom trgovinom zaraženog rasada paradajza (Hanssen and Lapidot, 2012).





**Slika 4.** TICV i ToCV: Žutilo i nekroza starijeg lišća (Foto: orig.)

**Kontrola.** Kao i kod ToCV kontrola oboljenja koje izaziva ovaj virus usmerena je pre svega na kontrolu vektora (OEPP/EPPO, 2009). Za suzbijanje *T. vaporariorum* može se koristiti veći broj insekticida kao što su imidakloprid, fenpropatrin, bifentrin, buprofezin, deltametrin, fenvalerat, dimetoat, endosulfan, metamidofos i pimetozin, ali većina korišćenih insekticida deluje samo na odrasle jedinke pa je neophodna primena nekoliko tretmana u razmaku od 3-5 dana. Osim toga, primećene su i populacije koje su razvile rezistentnost na pojedine grupe insekticida, pa je sve više u upotrebi i biološka kontrola. Uspešna kontrola populacije *T. vaporariorum* može se postići primenom parazitne osice (*Encarsia formosa*), predatorskih insekata *Delphastus pusillus* i *Chrysoperla* spp., kao i gljive *Verticillium lecanii*. Osim toga, treba primeniti i druge mere kontrole koje se koriste za kontrolu oboljenja koje izaziva ToCV.

### **Torado virus paradajza**

Torado virus paradajza ili virus sprženosti paradajza (*Tomato torrado virus*, ToTV) je tipičan predstavnik roda *Torradovirus*, familije *Secoviridae*, reda *Picornavirales*.

**Rasprostranjenost i značaj.** Oboljenje koje ovaj virus izaziva prvi put je zabeleženo 2001. godine u Španiji i po simptomima u vidu izražene nekroze na listovima, stablu i plodovima, koja zahvata čitavu biljku imenovan je kao torado virus paradajza (Verbeek et al., 2007). Danas, prisustvo virusa potvrđeno je i u Italiji, Mađarskoj, Francuskoj, Poljskoj, Maroku, Južnoj Africi, Australiji, Kolumbiji i Panami (Hanssen and Lapidot, 2012; Jones et al., 2014).

Postoji malo podataka o gubicima koje ToTV izaziva u usevu paradajza. Međutim, u regionima u kojima je zabeležen broj zaraženih biljaka bio je jako visok, preko 50%, a neretko i čitavi usevi bivaju uništeni. EPPO je ovaj virus 2009. godine uključio na listu upozorenja (Alert list) zbog „emerging” statusa, ali je 2013. godine izbrisan jer je u zemljama (Francuska, Španija, Poljska, Italija i Mađarska) gde je

detektovan, izvršena eradikacija (Anonymous, 2013). Ipak u EPPO Mini data sheet on *Tomato torrado virus* preporučuje se eradikacija ovog virusa pri svakom novom nalazu.

**Osobine virusa.** Čestice ToTV su izometrijske, prečnika oko 28 nm. Genom čine dve jednolančane infektivne RNA [ss (+) RNA], na čijem se 3' kraju nalazi region izgrađen od više adenina [*poly (A) tail*]. Na RNA 1 se nalazi jedan otvoreni okvir čitanja (ORF) koji kodira jedan poliprotein sa motivom za helikazu i proteazu i RNA zavisnu RNA polimerazu (RdRp), dok se na RNA 2 nalaze dva ORF, od kojih jedan kodira poliprotein čijom se podelom naknadno dobijaju tri protein proteinskog omotača (Vp35, Vp26, i Vp24), a drugi protein je uključen u kretanje virusa. Svi do sada opisani virusi roda *Torradovirus* imaju jedinstven ORF1, slične dužine, ali koji pokazuje visok stepen varijabilnosti nukleotidne sekvence kod različitih vrsta ovog roda (Verbeek et al., 2010).

**Domaćini.** Krug domaćina ovog virusa je relativno uzak i uglavnom ograničen na biljke iz familije Solanaceae. Pored paradajza kao glavnog domaćina, u prirodi virus je zabeležen i na nekim korovima, uključujući: *Solanum nigrum*, *Nicotiana glauca*, *Amaranthus* sp., *Atriplex* sp., *Chenopodium* sp., *Malva* sp. i *Polygonum* sp.. Osim toga, u eksperimentalnim uslovima virus može zaraziti i papriku i plavi patlidžan, a prema nekim navodima i krompir je domaćin ovog virusa (Amari et al., 2008; Jones et al., 2014).

**Simptomi.** Početni simptomi koje ToTV izaziva su u vidu sitnih nekrotičnih pega okruženih svetlozelenim ili žutim oreolom u osnovi lišća. Sa razvojem bolesti dolazi do pojave izražene nekroze na lišću, stablu i plodovima koja dovodi do zastoja u razvoju zaraženih biljaka i pojave kržljivosti (Verbeek et al., 2007). Zbog listova koji izgledaju kao da su spaljeni, oboljenje je u Španiji lokalno nazvano „*torrado*” (spržen).

**Načini prenošenja i održavanja.** Širenje ovog virusa u prirodi omogućavaju vektori: kriптиčna vrsta duvanova leptirasta vaš (*Bemisia tabaci*) i bela leptirasta vaš (*Trialeurodes vaporariorum*), koje virus prenose na poluperzistentan način. Osim toga virus se lako prenosi i kalemljenjem i mehanički. Za sada nema podataka o prenošenju ToTV semenom paradajza.

**Kontrola.** Kontrola oboljenja koje ovaj virus izaziva izuzetno je teška imajući u vidu visok reprodukcioni potencijal i veliku brojnost leptirastih vaš, zatim brzo razvijanje rezistentnosti na brojne insekticide, kao i lako mehaničko prenošenje virusa (Jones et al., 2014).

Kao najznačajnije mere kontrole navode se:

1. Proizvodnja i upotreba zdravog rasada. Najvažnija mera je sprečiti unošenje virusa u staklenike, a to znači započeti proizvodnju paradajza zdravim rasadom. Rasad paradajz treba proizvoditi u objektima koji imaju zaštitne mreže finoće 50 meša da bi se sprečio ulazak vektora. Osim toga, rasad treba stalno pregledati na prisustvo virusa, kao i na infestaciju vektorima.

2. Uništavanje zaraženih biljaka i biljnih ostataka. Ukoliko se primete zaražene biljke potrebno ih je odmah ukloniti kako bi se sprečilo dalje širenje zaraze, a značajna mera je i uklanjanje biljnih ostataka nakon završetka ciklusa proizvodnje kako bi se sprečilo održavanje virusa i vektora.
3. Kontrola vektora. Hemijska kontrola vektora je izuzetno teška zbog velike brojnosti vektora, brzog razvoja i pojave rezistentnosti na brojne insekticide, naročito kod *B. tabaci*. Posebnu pažnju treba obratiti na rotaciju insekticida sa različitim mehanizmom delovanja između kojih nema ukrštene rezistentnosti.
4. Otporne sorte. Kao i kod drugih virusnih oboljenja, najefikasnija mera kontrole oboljenja koje ovaj virus izaziva predstavlja korišćenje otpornih sorti i hibrida paradajza. Postoje otporni hibridi paradajza na ToTV koji su komercijalno dostupni i njihova upotreba naročito je važna u regionima gde je virus prisutan.

### ZAKLJUČAK

Virusi koji su infektivni za paradajz rasprostranjeni su svuda gde se ova biljka gaji. Do sada je na paradajzu opisano 146 različitih virusa, od kojih mnogi virusi prouzrokuju značajne ekonomske štete u proizvodnji, a neki predstavljaju i ograničavajući faktor proizvodnje ove značajne gajene biljke. U većini regiona gajenja, kao najčešće detektovani virusi navode se CMV, PVY i AMV koji se prenose biljnim vašima na neperzistentan način, zatim TSWV koji se prenosi tripsima, kao i TMV i ToMV koji se prenose mehanički i semenom paradajza. Poslednjih godina sve veću pažnju naučne javnosti privlače „*emerging*” virusi paradajza koji nanose ozbiljne gubitke u proizvodnji u većini evropskih zemalja: PepMV, TYLCV, ToCV, TICV i ToTV. Prisustvo ovih virusa nije utvrđeno u našoj zemlji, ali veliki ekonomski značaj ovih virusa, povećana međunarodna razmena semena i rasada paradajza i mogućnost unosa ovih virusa ukazuju na neophodnost stroge kontrole i primene karantinskih mera, ali i kontinuirano praćenje i kontrolu prisustva kako samih virusa tako i njihovih vektora.

### Zahvalnica

Ovaj rad realizovan je kao deo projekta III-43001 (Agrobiodiverzitet i korišćenje zemljišta u Srbiji: integrisana procena biodiverziteta ključnih grupa artropoda i biljnih patogena) koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- Amari K., Gonzalez-Ibeas D., Gómez P., Sempere R. N., Sanchez-Pina M. A., Aranda, M. A., Diaz-Pendon J. A., Navas-Castillo J., Moriones E., Blanca J., Hernandez-Gallardo M. D. i Anastasio G. (2008): Tomato torrado virus is Transmitted by *Bemisia tabaci* and Infects Pepper and Eggplant in Addition to Tomato. *Plant Dis.* 92: 1139.
- Anonymous (2013): Mini data sheet on Tomato torrado virus. EPPO Panel review. [https://gd.eppo.int/download/doc/1040\\_minids\\_TOTV00.pdf](https://gd.eppo.int/download/doc/1040_minids_TOTV00.pdf)
- Cohen S. and Harpaz I. (1964): Periodic, rather than continual acquisition of a new tomato virus by its vector, the tobacco whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius). *Entomol. Exp. Appl.* 7: 155-166.
- Dovas C. I., Katis N. I. and Avgelis A. D. (2002): Multiplex detection of criniviruses associated with epidemics of a yellowing disease of tomato in Greece. *Plant Dis.* 86: 1345-1349.
- Duffus J. E., Liu H.-Y. and Wisler G. C. (1996): Tomato infectious chlorosis virus-A new clostero-like virus transmitted by *Trialeurodes vaporariorum*. *Eur. J. Plant Pathol.* 102: 219-226.
- Gafni Y. (2003): *Tomato yellow leaf curl virus*, the intracellular dynamics of a plant DNA virus. *Mol. Plant Pathol.* 4: 9-15.
- Hanafi A. (2002): Invasive species: a real challenge to IPM in the Mediterranean region? European Whitefly Studies Network Newsletter no. 13, p. 4. John Innes Centre, Norwich (GB)
- Hanssen I. M., Lapidot M. and Thomma B. P. H. J. (2010a): Emerging Viral Diseases of Tomato Crops. *Mol. Plant Microbe Interact.* 23: 539-548.
- Hanssen I. M., Mumford R., Blystad D. -R., Cortez I., Hasiów-Jareszewska B., Hristova D., Pagán I., Pepeira A. -M., Peters J., Pospieszny H., Ravnikař M., Stijger I., Tomassoli L., Varveri C., van der Vlugt R., Nielsen, S. L. (2010b): Seed transmission of Pepino mosaic virus in tomato. *Eur. J. Plant Pathol.* 126: 145-152.
- Hanssen I. M. and Lapidot M. (2012): Major tomato viruses in the Mediterranean basin. *Adv. Virus Res.* 84: 31-66.
- Isakeit T., Idris A. M., Sunter G., Black M. C. and Brown J. K. (2007): *Tomato yellow leaf curl virus* in tomato in Texas, originating from Transplants Facilities. *Plant Dis.* 91: 466.
- Jones J. B., Zitter T. A., Momol T. M. and Miller S. A. (2014): Compendium of tomato diseases and pests. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA.
- Jones R. A. C., Koenig R. and Lesemann D. E. (1980): *Pepino mosaic virus*, a new *Potexvirus* from pepino (*Solanum muricatum*). *Ann. Appl. Biol.* 94: 61-68.
- King A. M. Q., Lefkowitz E., Adams M. J. and Carstens E. B. (2011): *Virus Taxonomy: Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. Elsevier Academic Press, San Diego, California, USA.
- Krstić, B. i Bulajić, A. (2007): Karantinski virusi povrća i ukrasnih biljaka u zaštićenom prostoru. Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet i Ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, Beograd.
- Lee W., Park J., Lee G-S., Lee S. and Akimoto S. (2013): Taxonomic status of the *Bemisia tabaci* complex (Hemiptera: Aleyrodidae) and reassessment of the number of its constituent species. *PLoS ONE* 8: e63817.
- Navas-Castillo J. and Moriones E. (2000): ToCV: a new threat to European horticulture. In: European Whitefly Studies Network Newsletter no. 3. John Innes Centre, Norwich (GB)

- OEPP/EPPO (2005a): Data sheets on pests recommended for regulation. *Tomato chlorosis crinivirus*. Bull. OEPP/EPPO Bull. 35: 439-441.
- OEPP/EPPO (2005b): Tomato yellow leaf curl and Tomato mottle bigeminiviruses. Diagnostic protocol. Bull. OEPP/EPPO Bull. 35: 319-325.
- OEPP/EPPO (2009): Data sheets on pests recommended for regulation. *Tomato infectious chlorosis virus*. Bull. OEPP/EPPO Bull. 39: 62-64.
- Parrella G. and Crescenzi A. (2005): The present status of tomato viruses in Italy. *Acta Hort.* 695: 37-42.
- Salomone A. and Roggero P. (2002): Host range, seed transmission and detection by ELISA and lateral flow of an Italian isolate of *Pepino mosaic virus*. *J. Plant Pathol.* 84: 65-68.
- Soler S., Prohens J., Diez J. and Nuez F. (2002): Natural occurrence of *Pepino mosaic virus* in *Lycopersicon* species in Central and Southern Peru. *J. Phytopathology* 150: 49-53.
- Sseyekwa C. (2006): Incidence, Distribution and Characteristics of Major Tomato Leaf Curl and Mosaic Virus Diseases in Uganda. PhD Thesis. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Ghent, Belgium.
- Verbeek M., Dullemans A. M., van den Heuvel J. F. J. M., Maris P. C. and van der Vlugt R. A. A. (2007): Identification and characterisation of tomato torrado virus, a new plant picorna-like virus from tomato. *Arch. Virol.* 152: 881-890.
- Verbeek M., Dullemans A., van den Heuvel H., Maris P. and van der Vlugt R. (2010): Tomato chocol ate virus: A new plant virus infecting tomato and a proposed member of the genus *Torradovirus*. *Arch. Virol.* 155:751-755.
- Wisler G. C., Liu H.-Y., Klaassen V. A., Duffus J. E. and Falk, B. W. (1996): Tomato infectious chlorosis virus has a bipartite genome and induces phloem-limited inclusions characteristic of the closteroviruses. *Phytopathology* 86: 622-626.
- Wisler G. C., Duffus J. E., Liu H. Y. and Li R. H. (1998a): Ecology and epidemiology of whitefly-transmitted closteroviruses. *Plant Dis.* 82: 270-280.
- Wisler G. C., Li R. H., Liu H. Y., Lowry D. S. and Duffus J. E. (1998b): Tomato chlorosis virus: a new whitefly-transmitted, phloem-limited, bipartite closterovirus of tomato. *Phytopathology* 88: 402-409.
- Zerbini F. M., Briddon R. W., Idris A., Martin D. P., Moriones E., Navas-Castillo J., Rivera-Bustamante R., Roumagnac P., Varsani A. and ICTV Report Consortium (2017): ICTV Virus Taxonomy Profile: *Geminiviridae*. *J. Gen. Virol.* 98: 131-133.



**Abstract**  
**VIRUSES OF TOMATO WITH SPECIAL EMPHASIS ON EMERGING VIRUSES**

**Ivana Stanković, Dušan Nikolić, Ana Vučurović,  
Katarina Zečević, Branka Krstić**

University of Belgrade-Faculty of Agriculture, Belgrade

E-mail: ivana.stankovic@agrif.bg.ac.rs

So far, tomato is a natural host for about 146 plant viruses, but several of them have caused a considerable economic damage constantly, such as aphid-borne viruses, *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Potato virus Y* (PVY), and *Alfalfa mosaic virus* (AMV), the thrips-transmitted *Tomato spotted wilt orthotospovirus* (TSWV) and mechanically- and seed- transmitted *Tobacco mosaic virus* (TMV) and *Tomato mosaic virus* (ToMV). However, in recent years emerging viruses including *Pepino mosaic virus* (PepMV) as well as whitefly-transmitted viruses: *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), *Tomato chlorosis virus* (ToCV), *Tomato infectious chlorosis virus* (TICV) and *Tomato torrado virus* (ToTV) have appeared in tomato crops posing a serious threat to its production in many European countries. These viruses with a rapidly increasing incidence are considered extremely dangerous and their occurrence can be expected in our country. If the eradication of these viruses has failed or if this is not possible, other strategies are needed. In this article, specific measures for the prevention and control of these viruses are discussed.

**Key words:** emerging viruses, *Tomato yellow leaf curl virus*, *Pepino mosaic virus*, *Tomato chlorosis virus*, *Tomato infectious chlorosis virus*, *Tomato torrado virus*