ZNAČAJ I MERE SUZBIJANJA TOMATO YELLOW LEAF CURL VIRUS U PARADAJZU

Mina Rakita

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

E-mail: minarakita.mr@gmail.com

Izvod

Virus žute kovrdžavosti lista paradajza (TYLCV) jedan je od najštetnijih virusa koji napadaju paradajz pri čemu dolazi do značajnih gubitaka prinosa. Posle prve pojave 1930-ih godina počeo je da se širi svetom putem zaraženog sadnog materijala i vektora, lisne vaši *Bemisia argentifolii*. U cilju sprečavanja zaraza i očuvanja zdravlja biljaka, sprovode se različite mere počevši od održavanja higijene polja i zatvorenog prostora gde se gaje biljke, preko karantinskih mera, pa sve do mera suzbijanja vektora. Pored toga, stvorene su otporne i tolerantne transgene biljke. Geni rezistentnosti prema TYLCV mogu se pronaći u divljim srodnicima paradajza. Potrebna su dodatna istraživanja za poboljšanje postojećih metoda zaštite i stvaranja novih otpornih sorti biljaka s obzirom da mogu nastati virulentniji i agresivniji sojevi virusa usled rekombinacije, kao i varijeteta vektora rezistentnih na insekticide.

Ključne reči: TYLCV, virus žute kovrdžavosti lista paradajza, vektor *Bemisia argentifolii*, vektor *Bemisia tabacii*, rezistentne biljke paradajza, mere zaštite od TYLCV

UVOD

Prva otkrivena pojava virusa žute kovrdžavosti lista paradajza desila se u Izraelu 1930-ih godina, i od tad je zabeleženo i širenje istog, da bi se do danas potvrdilo njegovo prisustvo u velikom broju zemalja. Ubraja se u prouzrokovaoce jedne od najopasnijih bolesti paradajza. U Srbiji svrstan je na listu IA deo I prema Pravilniku o listama štetnih organizama i listama bilja, biljnih proizvoda i propisanih objekata (Sl. glasnik RS", br. 7/2010, 22/2012 i 57/205), što znači da je ubrojan među štetne organizme za koje nije poznato da su prisutni na teritoriji Republike Srbije i čije je unošenje i širenje u Republiku Srbiju zabranjeno (Dhaliwal et al, 2019; Yan et al., 2018; Bagi et al., 2016).

Opšte karakteristike virusa žute kovrdžavosti lista paradajza. Virus žute kovrdžavosti lista paradajza (Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV) svrstan je u familiju *Geminiviridae*, rod *Begomovirus*. Čestica TYLC virusa izgrađena je od spojenih polovina, takozvanih „blizanaca“. Dužina čestice iznosi 38 nm, a prečnik 22 nm. Sadrži jednu cirkularnu ssDNK. Omotač čestice ima triangulacioni broj 1. TYLCV smatra se kompleksom najmanje 6 vrsta jer je opisano više njih u zavisnosti od porekla. TYLCV je najšire rasprostranjen virus roda *Begomovirus* (Dhaliwal et al., 2019). Ima širok krug domaćina. Njegovo prisustvo utvrđeno je na paprici, lubenici, pamuku, ukrasnim biljkama kao što je *Lisianthus*, biljkama iz spontane vegetacije poput divlje ljubičice (*Viola prionantha*), abutilona (*Abutilon theophrasti*) i azijske biljke *Acalypha australis*. Može zaraziti duvan i plavi patlidžan bez simptoma. Naravno, najznačajniji domaćin je paradajz (*Solanum lycopersicum*). Vektor ovog virusa je leptirasta vaš *Bemisia argentifolii* (ranije poznata kao *Bemisia tabaci*), koja ga prenosi na perzistentan način. Vektor usvaja virus ishranom na već zaraženoj biljci u dužini od oko 30 ili 60 minuta. Latentni period traje 24 časa. Tokom prvih 10-12 dana od usvajanja većina vaši prenese virus. Utvrđeno je da se virus prenosi jajnim leglima vektora, a ne prenosi se semenom ili dodirnom biljaka. Kada se virus širi na veće udaljenosti, to je onda zaraženim rasadom paradajza ili prometom biljaka na kojima se nalazi vektor (Bagi et al., 2016).

Značaj. Usled zaraze biljke TYLC virusom formiraju se sitniji i kašikasto uvi-jeni listovi, lišće može zadebljati i poprimiti kožastu strukturu, i javlja se hloroza lišća pri čemu lisni nervi ostaju zeleni. Uz to, opadaju cvetovi i formiraju se plodovi koji ne mogu dalje da se upotrebe, a generalno biljka je kržljava i oslabljena. Biljke zaražene u ranijim stadijumima razvića ostaju zakržljale, sa deformisanim sitnim listovima. Ivice tih listova savijaju se na dole. Ivice listova koji se kasnije razvijaju na zaraženoj biljci savijene su na gore, dok je liska hlorotična i deformisana. Simptomi se obično javljaju 2-3 nedelje od inokulacije (Dhaliwal et al., 2019). Sve ove promene neretko podsećaju na simptome koji se javljaju usled nedostatka fosfora ili magnezijuma, fiziološkog stresa, ili pak zaraze prouzrokovane drugim virusima. Štete nastale kao posledica infekcije TYLC virusom mogu biti vrlo značajne i ozbiljne, pogotovo kada se virus pojavi na području gde do tada nije postojao i krene ubrzano da se širi zbog prisustva velikog broja vektora (Bagi et al., 2016).

Virus žute kovrdžavosti lista paradajza utvrđen je u Aziji, Australiji, Africi, Evropi, Severnoj i Srednjoj Americi. Što se tiče Evrope, detektovan je na Kipru i u Grčkoj, ograničeno je raširen u Španiji, Portugaliji i Turskoj. U Italiji, Holandiji i Francuskoj utvrđen je samo u pojedinačnim nalazima. U Evropskoj Uniji nalazi se na A2 listi (Bagi et al., 2016). Od prvog detektovanja u Izraelu zabeležen je veliki broj vrsta roda *Begomovirus* koji inficiraju paradajz. Trenutno je utvrđeno više od 60 vrsta i nekoliko stotina sojeva i izolata iz različitih delova sveta. U periodu od 1960-ih godina do 1990-ih, prisustvo ovog virusa potvrđeno je u nekim zemljama Bliskog Istoka, Libanu, Tunisu, Sudanu, Egiptu, Turskoj, Grčkoj itd. Tokom 90-ih

godina prošlog veka utvrđen je i u Italiji, Španiji, Portugaliji, Japanu i drugim državama. Kasnije, virus dolazi do zapadne hemisfere i zemalja poput Kube, Jamajke, Portorika, SAD-a itd. Areal rasprostranjenja TYLCV se i dalje širi uključujući jače pojave u Kaliforniji, SAD, Kini, Trinidad i Tobagu. Epidemija u istočnom delu Mediterana 1950-ih i ranih 1960-ih godina smatra se prvim prilikom kada je ovaj virus počeo da se širi svetom. Širenje i dalje traje što potvrđuje, na primer, i pet „kretanja“ virusa u region Amerike i Kariba od 2000. godine. Nasuprot tome, ne postoje dokazi za kretanja virusa iz Mediterana ka Istočnoj Aziji od 1995. godine (Dhalival et al., 2019; Mabvakure et al., 2016). Budući da su Mediteran i Bliski istok regioni sa pogodnom klimom za uzgajanje paradajza i odatle potiče oko 30% svetske proizvodnje paradajza, izuzetno je opasno povećanje broja slučajeva zaraze virusom žute kovrdžavosti lista paradajza. Iran je centar diverziteta ovog virusa, dok je Mediteran region koji je više povezan sa ostatkom sveta pa tako i izvor virusa za druge države (Lefeuvre et al., 2010). Među zemljama u kojima je utvrđeno prisustvo *B. argentifolii*, više od 70 zemalja je potvrdilo i prisustvo TYLCV (Yan et al., 2018). Od skoro postoje sumnje da TYLCV-IL (TYLCV-Israel) može da se prenosi i semenom (Mabvakure et al., 2016).

Kao primer koliko štetna može biti bolest izazvana virusom žute kovrdžavosti lista paradajza možemo uzeti epidemiju bolesti na paradaju prouzrokovanu pojavom vaši *B. argentifolii* 1995. godine u Portugaliji. Pretpostavlja se da je prouzrokovala bolesti TYLC virus. U južnom delu ove zemlje, gde se paradajz gaji tokom cele godine, došlo je do stoprocentnih zaraza jesenjih useva sa drastičnim smanjenjem prinosa (CABI, 2020). U jednom istraživanju u Libanu inokulacija paradajza dovela je do smanjenja prinosa od 63%. Eksperiment u Jordanu dao je slične rezultate. Naime, inokulacijom biljaka paradajza 10 nedelja posle sadnje smanjilo je prinose u istoj meri kao kod prethodno navedenog istraživanja, međutim inokulacijom posle 15 nedelja prinosi nisu bili značajno smanjeni. Mnoga druga istraživanja daju podatke o gubicima od 50% pa sve do 99%. U komercijalnoj proizvodnji štete nisu toliko velike ali to ne znači da nemaju značaja. Na ostrvu Reinion je između 1997. i 1998. godine pregledano 123 zasada od kojih je 52 imalo bar jednu inficiranu biljku. Od tih 52 zasada, 11 zasada imalo je gubitke između 40 i 60%, a 14 između 60 i 100%. Na Kubi primećeno je smanjenje prinosa od 30% od 1990. do 1991. godine. Osim šteta na paradajzu, bilo ih je i na pasulju u Izraelu i Španiji (Lefeuvre et al., 2010; www.cabi.org).

Mere suzbijanja. Za kontrolu svake bolesti biljaka, pa tako i bolesti prouzrokovane virusom žute kovrdžavosti lista paradajza, potrebna je integracija konvencionalnih i nekonvencionalnih metoda. Kako bi se sprečile epidemije bolesti, važno je implementirati sve moguće korisne konvencionalne mere pre, tokom i posle vegetacionog perioda gajene biljke. Kao prvo i osnovno, apsolutno je neophodno koristiti zdrav sadni materijal, tj. materijal nezaražen virusom i bez prisustva vektora (Prasad et al., 2020). Inficirane biljke u polju potrebno je ukloniti, što je naj-

efektnije na početku sezone i zavisi od pravovremenosti i redovnosti pregledanja biljaka. Kako je moguće da se gajena biljka zarazi u bilo kom stadijumu razvića, neophodno je uredno i konstantno vršiti preglede biljaka i obavljati sve potrebne agrotehničke mera koje održavaju dobro zdravlje biljke. Biljke sa simptomima bi trebalo pokriti u potpunosti plastičnom vrećom i vezati je u pri dnu biljke, što bliže zemljištu. Biljka se preseče ispod vreće i tako ostavi da se osuši nekoliko dana, a zatim se baca. Zaražene biljke nikako ne smeju da se upotrebe za kompost, osim ako na njima nije utvrđeno prisustvo vektora (ipm.ifas.ufl.edu). Domaćin koji je zaražen kao mlada biljka pokazuje jače simptome nego domaćin inficiran u kasnijim stadijumima razvića. Simptomi na tolerantnim biljkama domaćinima u polju, pogotovo ako one izbegnu ranu zarazu, tako često mogu proći neopaženo. Kada se obavi berba plodova i završi se vegetacioni period, potrebno je ukloniti sa polja sve moguće izvore inokuluma koji bi mogli zaraziti biljke sledeće sezone. Kako TYLCV može zaraziti korovske vrste biljaka i kako one mogu poslužiti kao rezervoar virusa tokom perioda kada se paradajz ili drugi domaćini ne gaje, neophodno je odstraniti sve korove u i oko polja propisanim merama (Prasad et al., 2020; Dhaliwal et al., 2019; Lefeuvre et al. 2010). Dodatno, preporučuje se pauza sa proizvodnjom paradajza u delu vegetacije. U Dominikanskoj Republici obavezno je napraviti pauzu od tri meseca kada se ne gaje biljke domaćini TYLCV, što je dovelo do smanjenja pojave bolesti (Simone, 2019).

Nadalje, važne su mere koje se sprovode sa ciljem sprečavanja uvoza zaraženog sadnog materijala na određenu teritoriju. Za Srbiju je virus žute kovrdžavosti lista paradajza karantinski. Ministarstvo poljoprivrede propisalo je „Pravilnikom o utvrđivanju posebnih mera zaštite zdravih bilja“ poseban nadzor u usevu paradajza na teritoriji Republike Srbije na prisustvo ovog virusa. Poseban nadzor obuhvata vizuelni pregled materijala, uzimanje uzoraka i laboratorijsko testiranje od strane ovlašćene laboratorije. Poseban nadzor daje podatke o vrsti biljke na kojoj se vrši nadzor; lokaciji pregleda i uzorkovanja; vremenu, načinu i obimu uzorkovanja; rezultatima i metodama analiza uzetih uzoraka (Anonimus, 2019). Dodatan problem predstavlja ilegalan transport i unošenje biljaka i poljoprivrednih proizvoda jer se tako prenose i virusi i njihovi vektori. Na primer, introdukcija TYLC virusa u SAD povezana je sa ilegalnim unošenjem *B. argentifolii* B biotipa jer u roku od 10 godina od tog događaja, broj virusa koji se javljaju na paradajzu porastao je sa tri na sedamnaest, i svi su prouzrokovali enormne gubitke (www.cabi.org). Ukoliko se virus pojavi na određenoj teritoriji, efikasne su mere eradikacije. Kao primer možemo uzeti Kipar gde su na nivou države sprečili širenje virusa nakon njegove pojave. Tokom tri godine, inficirane biljke su odstranjivane, a biljke paradajza nisu ostavljane da prezime u polju. Tako je smanjena bolest sa 50% na 5% (www.cabi.org). Na teritorijama gde je virus već prisutan, potrebno je ulagati napore u mere za sprečavanje pojave vektora ili povećanja populacije vektora. Jedna od mogućnosti zaštite od vektora je pokrivanje useva mrežama kroz koje on ne može da proдре,

što se koristi u mediteranskim zemljama (Bagi et al., 2016). Insekticidi su korisni samo protiv imaga i larvi prvog uzrasta. Kritičan broj je jedna odrasla jedinka na 100 biljaka, što se utvrđuje potresanjem biljaka na svaka tri dana (Kereši et al., 2018). Protiv vaši *B. argentifolii* registrovano je preko 50 insekticida (www.cabi.org). Hemijska zaštita se može ispostaviti nedovoljno efikasnom zbog pojave rezistencije ili same biologije insekta. Pritom, hemijske materije koje štete vektoru, mogu naškoditi i korisnim organizmima. Takođe, insekticidi deluju tek posle nekoliko sati, dok transmisija virusa traje dosta kraće. Pošto *B. argentifolii* ima širok krug domaćina, a čak i mali broj jedinki ima sposobnost da zarazi celo polje, teško je iskoreniti bolest. Jedno istraživanje navodi da korišćenje *Eretmocerus eremicus* kao vid biološke kontrole uspešan vid odbrane od pomenute lisne vaši (Prasad et al., 2020). Biološko suzbijanje sprovodi se još i parazitskom osicom *Encarsia formosa* i predatorskim stenicama *Macrolophus caliginosus*. Postoje i biopreparati na bazi parazitnih gljiva iz rodova *Verticillium*, *Poecilomyces*, *Cephalosporium*, *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*. Posebnu pažnju treba obratiti na mere higijene u i oko zatvorenog prostora gde se gaje biljke, uključujući sterilizaciju zemljišta, mehaničku obradu, dezinsekciju. Preporučeno je i zagrevanje prostora pre setve ili sadnje na temperaturu od 25° C na 5-8 dana kako bi vaši uginule. Trebalo bi postavljati žute lepljive ploče u visini biljaka koje privlače imaga kako bi se detektovala pojava ovih štetočina i delimično ili u potpunosti izloвила, u zavisnosti od brojnosti. Potrebna je jedna ploča na 5 m² (Kereši et al., 2018). Ima slučajeva gde se koriste „lovne“ biljke krastavca u zasadu paradajza. Utvrđeno je da navodnjavanje „kap po kap“ ima pozitivno dejstva na suzbijanje vektora virusa i korisnije je od navodnjavanja u brazde (Ioannou, 1987).

Pored konvencionalnih metoda, radi se i na otkrivanju i usavršavanju efikasnijih načina zaštite od virusa. Tako su stvorene otporne transgene biljke paradajza unošenjem gena koji kodira proteinski omotač virusa (PDR-Pathogen derived resistance). PDR tehnikom došlo se do CP gena i biljke kod kojih je detektovano prisustvo ovog gena ispoljile su odložene simptome, oporavljale su se od infekcije, i pokazale otpornost pri ponovnoj inokulaciji (www.cabi.org). Geni otpornosti prema TYLC virusu mogu se pronaći u divljem paradajzu *Lycopersicon hirsutum*. Geni otpornosti nađeni su i u vrstama *Solanum pimpinellifolium*, *S. peruvianum*, *S. chilense*, *S. habrochaites*, and *S. cheesmaniae* (Bagi et al., 2016; Dhaliwal et al., 2019). Genetska otpornost domaćina je najtrajniji vid zaštite koji bi bio najpovoljniji po životnu sredinu, iako postoje rizici da se zbog nje razviju virulentniji sojevi virusa. Uzevši u obzir i veliku frekvenciju rekombinacije TYLC virusa, može se očekivati da će nastajati novi rekombinanti i sojevi (Lefeuvre et al., 2010). Dokazano postoji genetička rekombinacija kod virusa roda *Begomovirus* u prirodi što vodi upravo pojavi agresivnijih sojeva za koje rezistentnost domaćina ne predstavlja prepreku. Rezistentnost domaćina na TYLCV manifestuje se uglavnom kroz tolerantnost, dok se hipersenzitivne reakcije zaobilaze. Rezistentni domaćin češće

ume da pokaže zakasnele simptome bolesti izazvane ovim virusom, dok nekad ne pokazuje simptome. Drugim rečima, svi varijeteti paradajza sadrže bar neku koncentraciju virusa i nisu rezistentni nego tolerantni u najboljem slučaju. Jedina rezistentna vrsta je divlji srodnik paradajza *S. chilense* (Dhaliwal et al., 2019; Vidavsky i Czosnek, 1998). Upotreba GMO (genetički modifikovani organizam) je delimično ograničena zbog neodobravanja javnosti iako se pokazala korisnom. U upotrebi su još i RNK interferencija i SIGS (spray-induced gene silencing) (Prasad et al., 2020). Indirektno, na sprečavanje zaraze može se uticati stvaranjem biljaka koje su rezistentne na vektora virusa. Utvrđeno je da prisustvo trihoma na biljkama domaćinima koje mogu da se odupru napadu lisnih vaši. Trihome, tj. izraštaji epidermisa, mogu da ili „zarobe“ insekta vektora ili vrše sekreciju toksičnih materija. Doduše, ova rezistentnost može voditi ka evoluciji novih biotopova vektora, koji bi, svakako, bili opasniji ili štetniji. Kako je rezistentnost poligenско svojstvo, teško ju je postići (Dhaliwal et al., 2019).

ZAKLJUČAK

Širenje areala rasprostranjenosti TYLCV u poslednje dve decenije daje nam znak da se nedovoljno radi na borbi protiv ovog patogena. Potrebno je koristiti i usavršavati postojeće, a zatim i razvijati nove strategije koje bi usporile distribuciju virusa i vektora *B. argentifolii*. Krucijalno je pridržavati se propisanih mera za uzgajanje biljaka podložnih napadu vektora kako bi se pospešio zdrav i pravilan rast i razvoj gajenih biljaka. Povrh toga, od najvećeg značaja je rad na razvijanju rezistentnosti uz pomoć različitih modernih tehnika. Dalja istraživanja moraju se nastaviti kako bi se stvorile otporne sorte paradajza sposobne da se izbore sa novim sojevima virusa koji mogu da se očekuju u budućnosti.

LITERATURA

- Anonimus (2019): Službeni glasnik RS, Pravilnik o utvrđivanju programa mera zaštite zdravlja bilja za 2019. godinu.
- Bagi, F., Jasnić, S., Budakov, D., (2016): Viroze biljaka. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- CABI, (2020): <https://www.cabi.org/isc/datasheet/55402>
- Dhaliwal, M. S., Jindal, S. K., Sharma, A., & Prasanna, H. C. (2019): Tomato yellow leaf curl virus disease of tomato and its management through resistance breeding: a review. *The Journal of horticultural science and biotechnology*, 1–20.
- Ioannou, N. (1987): Cultural management of tomato yellow leaf curl disease in Cyprus. *Plant pathology*, 36(3), 367–373.
- Kereši, T., Konjević, A., Popović, A. (2018): Posebna entomologija 2. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Lefeuvre, P., Martin, D. P., Harkins, G., Lemey, P., Gray, A. J. A., et al. (2010): The spread of Tomato yellow leaf curl virus from the Middle East to the world. *PLoS Pathog* 6(10): e1001164.
- Mabvakure, B., Martin, D. P., Kraberger, S., Cloete, L., van Brunshot, S., Geering, A. D. W., ... Harkins, G. W. (2016): Ongoing geographical spread of Tomato yellow leaf curl virus. *Virology*, 498, 257–264.
- Prasad, A., Sharma, N., Hari-Gowthem, G., Muthamilarasan, M., & Prasad, M. (2020): Tomato yellow leaf curl virus: Impact, challenges, and management. *Trends in plant science*.
- Simone, G. (2019): Tomato yellow leaf curl virus management for homeowners. https://ipm.ifas.ufl.edu/agricultural_ipm/tylcv_home_mgmt.shtml
- Vidavsky, F., Czosnek, H. (1998): Tomato breeding lines resistant and tolerant to Tomato yellow leaf curl virus issued from *Lycopersicon hirsutum*. *Phytopathology*, 88(9), 910–914.
- Yan, Z., Pérez-de-Castro, A., Díez, M. J., Hutton, S. F., Visser, R. G. F., Wolters, A-M. A., Bai, Y., Li, J. (2018): Resistance to Tomato yellow leaf curl virus in tomato germplasm. *Frontiers in plant science*, volume 9.

Abstract

TOMATO YELLOW LEAF CURL VIRUS SIGNIFICANCE AND CONTROL MEASURES IN TOMATO

Mina Rakita

University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad

E-mail: minarakita.mr@gmail.com

Tomato yellow leaf curl virus is one of the most harmful viruses which damages tomato plants and causes significant yield losses. After its first appearance in the 1930s, it started to spread all over the world via infected tomato seedlings and vector, a whitefly *Bemisia argentifolii*. In order to stop the infections and preserve the health of cultivated plants, different measures are being conducted starting with maintaining the field and indoor space hygiene and quarantine measures, all the way to the vector suppression measures. Apart from that, there have been efforts in breeding resistant tomato plants. Sources of the resistance to the virus have been found in some wild tomato species. Additional research is needed so as to improve the existing methods of protection against TYLCV and create new resistant plants. It is also crucial to take into consideration the fact that more aggressive and virulent virus strains are likely to appear due to recombination events, as well as vector varieties resistant to insecticides.

Keywords: TYLCV, Tomato yellow leaf curl virus, vector *Bemisia argentifolii*, vector *Bemisia tabacii*, resistant tomato plants, TYLCV control measures